

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделения автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Автоматизированная система управления технологическим комплексом формирования палеты упаковок ламината в ООО «Латат»

УДК 007.52:004.421:681.586

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ81	Мамлясов Кирилл Валерьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Малышенко А. М.	д.т.н., профессор		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные		
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации	Требования ФГОС (ПК-3, ПК4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Определять, систематизировать и получать	Требования ФГОС (ПК-7, ПК10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-

	необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем.	4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать	Требования ФГОС (ПК-1, ПК2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR- ACE и FEANI
P6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Универсальные		
P7	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с	Требования ФГОС (ПК-4, ПК8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями

	пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEAN
P10	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК- 11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК- 8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) – Отделения автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) _____ (Ф.И.О.)
Малышенко А.М.

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ81	Мамлясов Кирилл Валерьевич

Тема работы:

Автоматизированная система управления технологическим комплексом формирования палеты упаковок ламината в ООО «Латат»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, 59-55с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.20
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i></p>	<p>Объект исследования: производственная линия. Предмет исследования: процесс укладки штабеля. Режим работы: непрерывный. В работе используются следующие методы и приемы: научное описание, анализ и синтез, причинно-следственный анализ, расчетный метод.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Этапы работы над ВКР: постановка задачи; краткое описание процесса изготовления; описание процесса упаковки; обзор возможных вариантов конструкции механизма упаковки; разработка конструктивной части разрабатываемой системы; разработка алгоритма работы линии; разработка системы управления; разработка принципиальной электрической схемы; создание управляющей программы; расчет вакуумной системы.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>ФЮРА.421000.003 СБ, листов 1. ФЮРА.421000.001 В0, листов 1. ФЮРА.421000.002 В0, листов 1. ФЮРА.421000.003 В0, листов 1. ФЮРА.421000.004 В0, листов 1. ФЮРА.421000.005 В0, листов 1. ФЮРА.421000.001 Э3, листов 2. ФЮРА.421000.002 Э3, листов 2. ФЮРА.421000.003 Э3, листов 5. ФЮРА.421000.004 Э3, листов 2. Презентация в Microsoft office PowerPoint 2010</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Конотопский В.Ю., Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Горбенко М.В., Доцент ООД ШБИП, к.т.н.</p>
<p>Раздел, выполненный на английском языке</p>	<p>Горбатова Т.Н., Старший преподаватель ОИЯ ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Приложение В Automated control system for the technological complex for the formation of a pallet of laminate packaging at LLC Latat</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>28.02.2020</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Воронин А.В.</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8ЕМ81</p>	<p>Мамлясов Кирилл Валерьевич</p>		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.04.06 Мехатроника и робототехника
Уровень образования – Магистратура
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения – Весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.03.20	Литературный обзор	25
05.04.20	Практическая часть	30
26.04.20	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
11.05.20	Социальная ответственность	10
22.05.20	Приложение на иностранном языке	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А.В.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Малышенко А. М.	д.т.н., профессор		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ81	Мамлясов Кириллу Валерьевичу

Школа	Отделение школы (НОЦ)
Уровень образования магистр	Направление/специальность 15.04.06

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. Энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС, ставка дисконтирования = 0,1 (см. МУ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. Разработка устава научно-технического проекта	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения (возможно временного) внутри существующей организации
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ – выполнить
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ – выполнить
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		25.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ81	Мамлясов Кирилл Валерьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ81	Мамлясову Кириллу Валерьевичу

Школа		Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.06

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления технологическим комплексом формирования палеты упаковок ламината в ООО «Латат»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Автоматизированная система управления штабелирования, деревообрабатывающая промышленность
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования; – ГОСТ EN 1005-4-2013 Безопасность машин. Физические возможности человека. Часть 4. Положение тела при работе с машинами и механизмами; – правила безопасности в газовом хозяйстве ПБ-12-245-00.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– опасность поражения электрическим током; – опасность нанесения механической травмы; – опасность, обусловленная шумами и вибрациями машин; – опасность возникновения возгораний и пожаров; – микроклимат и освещение.
6. Экологическая безопасность:	– попадание окиси азота в атмосферу, гидросферу, литосферу.
7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– наиболее вероятная аварийная ситуация пожар; – вероятная аварийная ситуация взрыв; – авария с выбросом газа в атмосферу.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ81	Мамлясов Кирилл Валерьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 181 страница, 39 рисунков, 45 таблиц, 12 источников, 3 приложения, 17 листов графического материала.

Ключевые слова: микропроцессорная система автоматики, формовочный стол, программируемый логический контроллер, щит управления, преобразователь частоты.

Объектом исследования является автоматизированная система управления технологическим комплексом производства ламината на базе деревообрабатывающего завода ООО «Латат». АСУ ТП реализована по классическому иерархическому принципу.

Цель работы – разработка проектного и программного обеспечения для управления процессом штабелирования упаковок ламината и выбор и разработка конструкции системы.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Обзор возможных вариантов конструкции механизма упаковки.
2. Разработка механизма исходя из размеров, весов.
3. Разработка алгоритма работы механизма.
4. Разработка схемы управления и контроля параметров системы.
5. Выбор аппаратной и программной части.
6. Написание управляющей программы на основе выбранного алгоритма.
7. Расчет параметров вакуумной системы.

В результате работы была разработана система штабелирования упаковок ламината, рассчитаны геометрические параметры всех участков, рассчитаны основные параметры вакуумной установки, выбрано оборудование КИПиА, разработан алгоритм управления и создана управляющая программа.

Степень внедрения: разработанный проект готов к монтажу несущих конструкций системы и пусконаладочным работам на объекте.

Эффективность разработанной системы определяется её быстродействием. Быстродействие разработанной системы гораздо меньше быстродействия общей линии, и определяется быстродействием вакуумной системы.

При учете особенностей предприятия и положений действующего законодательства РФ разработана автоматизированная система управления и мониторинга на базе современного оборудования. Это позволит существенно сократить время, затрачиваемое на производственный процесс и улучшить качество управления технологическим процессом.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Office 365 и представлена на диске DVD (в конверте на обороте обложки).

Содержание

Введение	15
1. Краткое описание процесса изготовления	17
2. Описание процесса упаковки	28
3. Обзор возможных вариантов конструкции механизма упаковки	32
4. Разработка конструктивной части разрабатываемой системы	37
5. Разработка алгоритма работы участка линии.....	52
6. Разработка системы управления.....	59
7. Разработка принципиальной электрической схемы.....	68
8. Создание управляющей программы.....	73
9. Расчет вакуумной системы.....	77
10 Социальная ответственность.....	83
10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	83
10.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	83
10.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	84
10.1.2.1 Эргономические требования к рабочему месту....	84
10.1.2.2 Окраска и коэффициенты отражения.....	85
10.2 Производственная безопасность.....	85
10.2.1 Микроклимат.....	87
10.2.2 Опасность, обусловленная шумами и вибрацией машин.....	88
10.2.3 Производственное освещение.....	90
10.2.4 Опасность поражения электрическим током....	92
10.2.5 Опасность нанесения механической травмы.	92
10.2.6 Пожарная безопасность.....	92
10.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего.....	93

10.3.1 Мероприятия по поддержанию микроклимата.....	93
10.3.2 Мероприятия по снижению уровней воздействия шума и вибрации.....	94
10.3.3 Мероприятия по поддержанию требований к освещению.....	95
10.3.4 Мероприятия по поддержанию требований к электробезопасности.....	96
10.3.5 Мероприятия по предотвращению механических травм.....	102
10.3.5 Мероприятия по поддержанию пожарной безопасности.....	102
10.4 Мероприятия по охране окружающей среды.....	103
10.4.1 Мероприятия по охране атмосферы.....	103
10.4.2 Мероприятия по охране литосферы.....	105
10.5 Аварийная ситуация.....	105
Выводы по разделу «Социальная ответственность»	106
11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	107
11.1 Оценка коммерческого потенциала с позиции и ресурсосбережения.....	107
11.2 Потенциальные потребители.....	108
11.3 Анализ конкурентных технических решений... ..	108
11.4 SWOT-анализ.....	109
11.5 Структура работ в рамках научного исследования.....	111
11.6 Определение трудоемкости выполнения работ.....	112
11.7 Разработка графика проведения научного исследования.....	113
11.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	117
11.9 Расчет материальных затрат НТИ.....	117
11.10 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	117
11.11 Расчет амортизационных расходов	118

11.12 Заработная плата исполнителей темы.....	119
11.13 Отчисления во внебюджетные фонды.....	119
11.14 Накладные расходы.....	120
11.15 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	120
11.16 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования...	121
11.17 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	122
Заключение.....	125
Литература.....	126
Приложение А (обязательное) – Таблица входных/выходных сигналов	128
Приложение Б (обязательное) – Тело управляющей программы FC9100...	132
Приложение В (обязательное) –Automated control system for the technological complex for the formation of a pallet of laminate packaging at LLC Latat	149
Графический материал:	На отдельных листах
ФЮРА.421000.003 СБ	Сборочный чертеж. Линия штабелирования.
ФЮРА.421000.001 В0	Чертеж общего вида. Каркас манипулятора.
ФЮРА.421000.002 В0	Чертеж общего вида. Система вакуумных присосок.
ФЮРА.421000.003 В0	Чертеж общего вида. Привод опускания присосок.
ФЮРА.421000.004 В0	Чертеж общего вида. Рама манипулятора.
ФЮРА.421000.005 В0	Чертеж общего вида. Привод движения рамы.
ФЮРА.421000.001 Э3	Схема принципиальная электрическая. К91.
ФЮРА.421000.002 Э3	Схема принципиальная электрическая. К92.
ФЮРА.421000.003 Э3	Схема принципиальная электрическая. К93.
ФЮРА.421000.004 Э3	Схема принципиальная электрическая. К94.

Введение

Работа по автоматизации производства - это совокупность различных мер по переводу производственных процессов в единую автоматизированную систему процессов. Задача состоит в том, чтобы организовать производство в единую систему, в которой все узлы, блоки, элементы взаимосвязаны и управляются из единого центра.

Таким образом, автоматизация производственных и технологических процессов представляет собой комплексный подход, который применяется ко всем подразделениям, вовлеченным в производственный процесс. Производство, которое успешно прошло модернизацию и стало автоматизированным (полностью или частично), имеет преимущества перед производством, в котором отсутствует автоматизация или оно находится на низком уровне. Увеличивается производительность предприятия. Затраты уменьшаются, следовательно, стоимость производства уменьшается. Автоматизированное производство обладает большей безопасностью и надежностью. Качество продукции улучшается за счет внедрения более точного и целостного управления производственным процессом. На предприятии наблюдается заметное снижение производственных и прочих затрат.

Автоматизация технологического производства касается предприятия в целом - это чрезвычайно важный и масштабный процесс, требующий значительных временных, трудовых и интеллектуальных ресурсов.

Тема: «Автоматизированная система управления технологическим комплексом формирования палеты упаковок ламината в ООО «Латат».

Цель: разработка проектного и программного обеспечения для управления процессом штабелирования упаковок ламината и выбор и разработка конструкции системы.

Задачи:

- Обзор возможных вариантов конструкции механизма упаковки.
- Разработка механизма исходя из размеров, весов и прочее.
- Разработка алгоритма работы механизма.
- Разработка схемы управления и контроля параметров системы.
- Выбор аппаратной и программной части.
- Написание управляющей программы на основе выбранного алгоритма.
- Расчет параметров вакуумной системы.

1 Краткое описание процесса изготовления

Технологический процесс производства древесноволокнистых плит средней плотности включает следующие основные технологические операции:

- прием и хранение древесного сырья;
- подготовку древесного сырья перед измельчением;
- изготовление технологической щепы и подачу ее в производство;
- размол технологической щепы на волокна;
- приготовление рабочего раствора связующего и химических добавок, введение их в технологический поток;
- сушку древесноволокнистой массы;
- формирование и подготовку древесноволокнистого ковра;
- горячее прессование плит;
- форматный раскрой плит;
- охлаждение плит;
- трёхсуточную выдержку плит;
- шлифование, сортировку и раскрой плит на готовые форматы;
- упаковку плит.

Технологическое сырье, предназначенное для производства МДФ, подают отдельно по породам. Древесина краном или автопогрузчиком подаётся на приемный раскатный стол окорочной станции. Бревна по одному поступают на торцовочный станок для раскроя длиной не более 3м и подаются в окорочный барабан. Окоренные бревна поступают на цепной конвейер, затем проходят через роликовый конвейер, где происходит отделение от них слабой коры и камней. Окорочный станок состоит из трех модулей, каждый модуль состоит из стальной рамы, трех роторов, приводов и необходимых защитных устройств. На днище каждого модуля имеется пальчиковая плита. На разгрузочном конце окорочного станка имеются разгрузочные ворота, перемещающиеся по вертикали.

Бревна с помощью ленточных конвейеров подаются в рубительную машину, которая состоит из ножевого диска с компонентами ножей, вала, корпуса, загрузочного лотка и рамы. На одном из ленточных конвейеров установлен металлоискатель. Отходы подают на сжигание в заводскую котельную (тепловую станцию) для выработки тепловой энергии. Из рубительной машины щепа системой конвейеров подается в бункера промежуточного хранения. Из бункеров щепа шнековыми питателями дозировано, с целью обеспечения постоянства соотношения породного состава древесного сырья, выгружается на ленточный конвейер, проходит через металлоулавливатель и электромагнитный сепаратор для отделения частиц железа. Из разгрузочного бункера щепа подается на ситовую сортировку, где рассортировывается на три фракции: щепу избыточных размеров, годную щепу (длина 15-25 мм, толщина-5мм) и мелкую щепу. Желоба для мелкой щепы и щепы избыточных размеров транспортируют эту щепу в соответствующие точки сбора. Кондиционная щепа системой пневмотранспорта направляется в промежуточный бункер, откуда дозировано подается на гидромойку для удаления механических примесей. В устройстве для промывки щепы древесную щепу погружают в воду для удаления таких посторонних материалов, как песок, камни, металл и т.п. На выходном конце промывочного устройства вода для транспортировки щепы дренируется из щепы и рециркулирует обратно к входному концу. Щепа вместе с водой насосом подается в наклонный шнек с сетчатым днищем. Отделяемая от щепы вода возвращается в гидромойку, а промытая щепа поступает в рабочий бункер рафинера. Для удаления транспортирующей воды из щепы с помощью ее транспортировки в наклонный герметичный шнек над закрытым пригнанным желобом, с просверленными отверстиями конической формы, через который вода дренируется перед тем, как щепа покидает шнековый спускной канал на верхнем конце. Вода, в которой теперь содержится вымытый песок и гравий (а также некоторое количество мелких древесных

волокон), собирается в наружной оболочке и возвращается обратно в систему циркуляции воды устройства для промывки щепы.

Сепаратор необходим для того, чтобы более тяжелые материалы, такие, как металл и камни, опускались на дно, а также для вымывания песка и гравия. Мелкая фракция, отделяемая от щепы, направляется в бункер отходов и далее в котельную на сжигание для выработки тепловой энергии. Сырье из оборудования для очистки сырья при поступлении к рафинеру подается в промежуточный бункер. Промежуточный бункер используется как буфер между технологическими узлами и выравнивает колебания расхода в двух системах. Бункер также служит как устройство для кондиционирования и где сырье может подвергаться пропариванию с помощью пара низкого давления. В зависимости от типа, размера и распределения по размерам сырья нужны разные типы перегрузочных бункеров. Для чистой щепы постоянных и равномерно распределенных размеров можно использовать обычный конический промежуточный бункер. Перевернутый конический вибратор внутри промежуточного бункера обеспечивает улучшение разгрузки и помогает устранять закупоривание бункера. Для тех видов сырья, которые склонны создавать закупоривание, используют бункер с разгрузочным шнеком/шнеками.

Из рабочего бункера рафинёра загрузочным шнеком щепа подается в пропарочный котел вертикального типа, где производится обработка щепы насыщенным паром с давлением 0,8-1,2 МПа в течение 2-4 минут. Конический шнековый питатель, сжимает сырье в прессованный материал, являющийся достаточно прочным для того, чтобы выдержать давление пара в подогревателе.

Когда спрессованный материал поступает в подогреватель, то он частично подвергается спонтанному разрушению, частично он разрушается под действием столкновения с коническим разбивателем. Разбиватель прижимается к спрессованному материалу с помощью пневматического цилиндра.

Уровень сырья в подогревателе регулируется с помощью гамма-лучевого устройства с источником радиации, расположенном вне корпуса подогревателя, это устройство посылает гамма лучи через металлическую оболочку подогревателя на детектор типа счетчика Гейгера на противоположной стороне подогревателя. Пару источник-детектор можно перемещать вдоль подогревателя для варьирования высоты кучи сырья внутри подогревателя. Поступающее в подогреватель сырье нагревается в непрерывном потоке острого пара высокого давления, который поступает в подогреватель. Пар конденсируется на относительно холодном сырье и поэтому в подогревателе поддерживается установленное постоянное давление, количество поступающего пара будет соответствовать количеству поступающего сырья, пар будет нагревать сырье до температуры, соответствующей давлению насыщения пара.

Сырье под действием пара и высоких температур размягчается. Это обеспечивает возможность разрушения сырья до волокон и пучков волокон в последующем проходе между плитами рафинера без избыточного повреждения волокон. Сырье непрерывно удаляется с днища подогревателя и поступает в плиты рафинера с помощью винтового конвейера. Материал подается в корпус рафинера через отверстие в центре стационарной плиты, которая прикреплена к корпусу.

Вращающаяся плита прикреплена к основному валу рафинёра, который вращается с высокой скоростью 1 800 об/мин. Узкий зазор между плитами регулируется за счет осевого положения основного вала с помощью гидравлического устройства, встроенного в подшипники вала. Сырье проталкивается через зазор между плитами под действием и центробежных сил и давления пара. Здесь происходит реальное рафинирование и сырье разрушается сырья до волокон и пучков волокон. Далее смесь подают в продувочную трубу, ведущую в сушилку волокнистой массы. Давление пара в рафинере является единственной силой, которая обеспечивает транспортировку смеси в сушилку волокна. Частицы древесины после размола

имеют длину 0,4-5 мм, толщину 8-400 мкм. При движении щепы из пропарочного котла в размольную камеру в загрузочный шнек подается расплавленный парафин в количестве 1 % от массы абсолютно сухого древесного волокна. При подаче древесноволокнистой массы в массопровод впрыскивается водный раствор связующего, состоящего из карбамидоформальдегидной смолы и раствора отвердителя. Приготовление рабочего раствора связующего производится следующим образом: смола карбамидоформальдегидная со склада хранения подается в клееприготовительное отделение в ёмкость для смолы с мешалкой, затем в расходную ёмкость. Из расходной ёмкости через двойной фильтр смолу насосом перекачивают в мерник, из которого определенная заданная доза автоматически сливается в ёмкость для приготовления связующего. В эту же ёмкость для разбавления смолы через мерники подают воду и раствор отвердителя. После перемешивания раствор связующего перекачивают в ёмкость для готового связующего, откуда дозирующей системой через форсунки связующее распыляется в поток древесноволокнистой массы, выдуваемой из рафинера. После каждого прекращения дозирования выполняется последовательность операций по промывке – для снижения до минимума угрозы блокировки системы трубопроводов. Промывка осуществляется раствором улавливателя с помощью насоса для дозирования смеси смол. Влажность волокна после рафинера зависит от исходной влажности щепы и режимов пропаривания. Сушка осмолённого древесного волокна происходит при движении его по трубе сушилки в потоке горячего воздуха в течение 3 с. Температура воздуха на входе в сушилку 165-170 °С, на выходе - 65-70 °С. Нагрев воздуха осуществляется дымовыми газами, образующимися при сгорании древесных отходов в котельной. Регулирование температуры воздуха в начале сушилки осуществляется путем подсоса в сушилку холодного воздуха. В сушилке установлена система защиты от пожаров для выявления и гашения искр и для предотвращения их

распространения в следующий технологический процесс. Система нагрева волокнистой массы включает:

- Камеру для нагрева подаваемого в сортировку волокна.
- Теплообменник, размещенный внутри здания сепаратора для нагрева помещения, теплоноситель -термическое масло.
- Систему защиты от пожаров, для обнаружения и гашения искр и для предотвращения их распространения на следующий технологический процесс.

Далее высушенное древесное волокно поступает на конвейер ленточных весов, предназначенных для взвешивания транспортируемой древесноволокнистой массы во времени. Над ленточными весами установлен влагомер для контроля влажности высушенной древесноволокнистой массы. С ленточных весов волокно поступает в сепаратор, где происходит отделение крупных частиц, образующихся при размоле, проклейке и сушке древесноволокнистой массы. Кондиционное волокно, прошедшее через сепаратор поступает в бункер формирующей машины. Формирующая машина обеспечивает механический настил непрерывного ковра на движущийся под машиной формирующий ленточный конвейер.

Формер содержит следующие основные части:

- устройство для распределения волокнистой массы;
- дозирующий бункер со скребковым обратным конвейером, съемными роликами и нижним конвейером;
- разгрузочный желоб;
- формующая головка с формующими роликами, боковыми стенками и весами;
- формующий конвейер.

Волокнистая масса из вращающегося питателя в транспортной системе формирования падает на короткую внутреннюю крышу и затем через конвейер, образуя кучу волокнистой массы на ленточном конвейере, которая формирует нижнюю часть дозирующего бункера. После того, как куча волокнистой массы

стала достаточно высокой для того, чтоб достигнуть цепного конвейера, нижняя часть этого конвейера соскребает волокнистую массу в направлении конца бункера, и куча волокнистой массы заполняет, таким образом, дозирующий бункер от его передней части до задней части. В то же самое время нижний ленточный конвейер перемещает всю кучу волокнистой массы в направлении переднего разгрузочного конца бункера. Здесь куча волокнистой массы встречает ряд установленных по диагонали съемных роликов, которые разрушают кучу волокнистой массы и подают ее в разгрузочный желоб, откуда она падает на формующую головку. Между дозирующим бункером и последующей формующей головкой смонтирован разгрузочный желоб, оснащенный скользящей плитой. В формующей головке, которая представляет собой первую и главную часть формера, непрерывный ковер волокнистой массы формируется на формующем конвейере, который расположен под ней. Формующие ролики, расположенные под углом над формующим конвейером, равномерно распределяют волокнистую массу по ширине ковра. Формующий конвейер принимает ковер через весы, которые регулируют скорость разгрузки дозирующего бункера, контроллеры уровня в дозирующем бункере обеспечивают такую скорость загрузки, которая гарантирует установленный уровень заполнения бункера.

Сформированный древесноволокнистый ковер проходит через ленточные весы для определения фактической массы 1 м² ковра и автоматической регулировки количества насыпаемого волокна, и направляется в ленточно-валковой подпрессовщик. Для уплотнения ковра с целью сделать его более удобным для обработки при последующей транспортировке его в горячий пресс, его пропускают через ленточный подпрессовщик. Подпрессовщик, в отличие от основного горячего пресса, работает без нагрева. Снижение высоты ковра и увеличение плотности ковра также снижает утечки волокон из ковра и делает более простой обрезку кромок до той ширины, которая соответствует требуемой ширине конечных плит.

Формующий конвейер представляет собой ленточный конвейер, смонтированный на рамной конструкции. Под формующей головкой бесконечная лента скользит по фанерной основе, встроенной в рамную конструкцию и потом над весами поступает в подпрессовщик и идет над ленточным конвейером линии распила. Она заканчивается на разгрузочных воротах над бункером для брака. Управляемое с помощью пневматики устройство для натяжения обеспечивает натяжение ленты, направляющее устройство с электрическим исполнительным механизмом проводит отслеживание ленты. Оборудование для орошения водой для увлажнения ленты конвейера, расположено на формующем конвейере. Для опоры ковра при его транспортировке через подпрессовщик, пара прочных лент проходит через верхние и нижние направляющие ролики соответственно. Вокруг этих внутренних лент расположены две наружные ленты.

Подпрессовщик осуществляет постепенное сжатие ковра и выдержку его под давлением так, чтобы на выходе иметь толщину спрессованного ковра в пределах от 40 до 150 мм. После подпрессовщика производится обрезка боковых кромок ковра и возврат этих кромок пневмотранспортом через циклон в бункер формирующей машины.

Для транспортировки ковра волокнистой массы из подпрессовщика за детектором металла, узла пил для обрезки кромок и далее к загрузке пресса установлен ленточный конвейер. Ленточная петля начинается от входного ролика формующего конвейера и заканчивается на опрокидывающих воротах над бункером для брака. Скорость конвейера синхронизирована с непрерывным прессом через конвейер загрузки пресса с помощью отдельного двигателя переменного тока с изменяемой скоростью.

Детектор металла размещен за подпрессовщиком на конвейере линии распила. Бракованные ковры, в том числе содержащие металлические включения, направляются в воронку сброса бракованного ковра, измельчаются и через систему двойного шнекового конвейера пневмосистемой древесное волокно подаётся в бункер бракованного ковра.

Для увлажнения поверхности ковра после подпрессовщика установлен узел разбрызгивания ковра.

После обрезки кромок, ковер направляется в пресс непрерывного действия для прессования плит при температуре 200 °С. Обогрев греющих плит пресса осуществляется термомаслом, подаваемым по вторичным контурам от котельной. За счет закрытия зазора пресса между верхней и нижней плитами по длине пресса, происходит сжатие ковра и образование конечного продукта с заданными характеристиками и заданной толщины.

Станции загрузки и разгрузки пресса являются опорами для барабанов для возврата ленты и барабанов для привода ленты с их подшипниками, а также основных приводов с их зубчатыми передачами.

После выхода из пресса бесконечная плита подается через поперечную пилу с помощью нажимных роликов на обеих сторонах узла для резки.

Пять толщиномеров и один десятиканальный детектор ударов установлены на раме между прежним конвейером с фрикционными роликами, а тензодатчики весов установлены на опорной раме на следующем ленточном конвейере. Сведения о продукции и установленные значения погрешностей выводятся на 17-дюймовый монитор и на принтер.

Подающий роликовый конвейер принимает отбракованные плиты с линии и подает их в разбиватель плит. Разбиватель плит разбивает поступающие отбракованные плиты на куски небольших размеров. Ленточный конвейер принимает куски плит из разбивателя плит и транспортирует их вперед к бункеру для отходов.

Готовая стопа плит с помощью траверсной и передвижной тележек подается на участок выдержки плит перед шлифованием. После выдержки пачки плит направляются на линию шлифования. После шлифования плиты происходит формирование книжки и подача ее на распиловку. Станция поворачивания используется для подъема и поворачивания поперечных штабелей для продольной ориентации для процесса упаковки. После чего плита попадает на линию шлифования и распиловки на формат. Далее

проходит ламинирование плиты с помощью горячего пресса, и складирование плиты в штабель после чего штабель посредством фронтального погрузчика попадает на линию по распиловке и фрезерованию, т.е. линию по производству ламинированных полов.

На гидравлический подъемный стол загрузки подается не распиленная, ламинированная плита, затем посредством вакуумного транспортера плита подается на стол выравнивания, после того как плита выравнивается по двум осям, происходит распил плиты пополам. Далее пневматическим захватом, поочередно подается сначала первая часть, затем вторая в станок продольного распила (многопил). После этого станка мы имеем заготовки готовые к фрезерованию кромок, для замка. Затем, посредством поворотного стола, заготовки попадают на веерный транспортер необходимый для переворота заготовки тыльной стороной. С веерного транспортера заготовки поступают на ленточный транспортер фрезерного станка продольного замка. Во фрезерном станке формируется продольный замок посредством 12 фрез. После чего ленточным транспортером заготовки подаются в магазин второго фрезерного станка где формируется уже поперечный замок. Количество фрез во втором фрезерном станке также 12. После заготовки попадают на ленточный транспортер где идет обработка замков водоотталкивающим лаком. Далее идет стол укладки ламината в упаковку, так же на этом столе происходит контроль качества продукции. Затем готовая упаковка попадает на станок упаковки, там она сначала попадает в рукав упаковочной пленки, затем упаковка попадает в термо-тоннель. На выходе из термо-тоннеля попадают на валовый транспортер, затем упаковки складываются в паллету вручную. Технологическая схема производства изображена на рисунке 1.

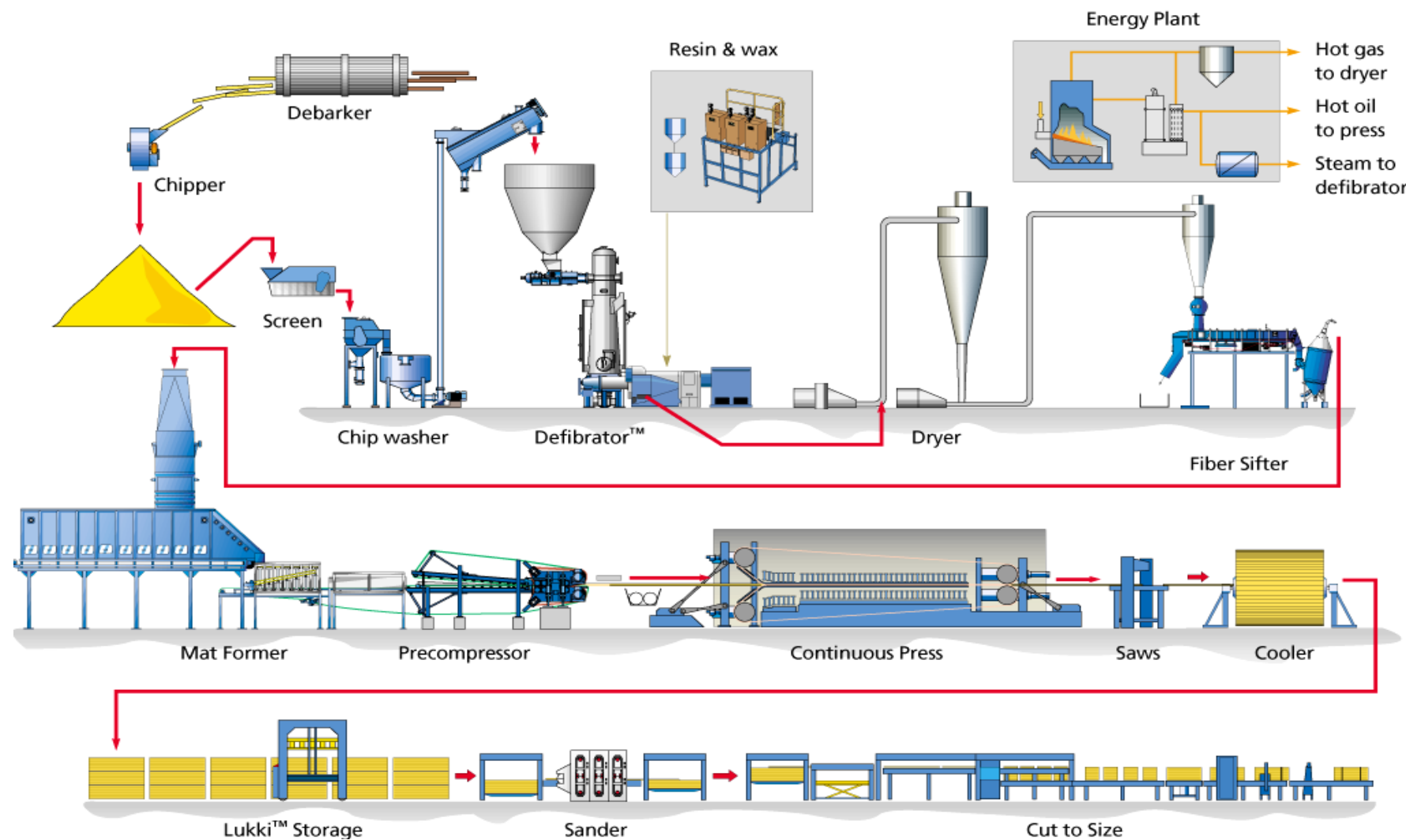


Рисунок 1 – Технологическая схема производства

2 Описание процесса упаковки

Раскроенная фрезерованная плита размером 1382x195 мм поступает на стол ОТК размером 1500x200 мм где происходит выбраковка некачественного материала, так же на этом столе производится укладка листов в пачку. Укладка производится вручную оператором ОТК, оператор падает сигнал остановки ленточного конвейера подачи листов на стол ОТК. Параметры пачки ламината варьируются в зависимости от толщины плиты изготавливаемой в данный момент, параметры плит приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры плиты

Толщина плиты, мм	Класс нагрузки	Размеры плиты, мм	Площадь поверхности, м ²	Количество плит в упаковке, шт	Вес упаковки, кг
8	33	1382x195	1,347	8	15,2
12	38	1382x195	2,156	5	15,2

После того как оператор сформировал пачку готовую к упаковке, пачка поступает на ленточный транспортёр, транспортёр приводится в движение разрешающим сигналом с пульта оператора ОТК. Транспортёр состоит из транспортирующей ленты, привода движения ленты(двигатель, редуктор), и двух роликов: ответный приводу и ролик натяжения ленты. Общие габариты ленточного транспортера 3000x210 мм. Ближе к концу транспортера расположен оптический датчик наличия пачки, необходимый для работы упаковочного станка.

Сразу после ленточного транспортера находится станок для упаковки пачки в полиэтиленовую пленку. Станок состоит из привода натяжения упаковочной пленки с двумя балансирующими валами, двух смыкающихся контуров с нитями накала контура движутся посредством пневмоцилиндров, ленточного промежуточного транспортера, датчика наличия пачки перед станком, датчика наличия пачки после станка, датчиков положения

пневмоцилиндров и направляющей рамки для упаковочной ленты. При пересечении пачкой луча датчика перед станком происходит запуск транспортера после станка, а также происходит запуск привода обеспечивающего натяжение ленты. Далее пачка поступает в направляющую рамку для упаковки в пленку, после чего пачка попадает на транспортёр после станка. После того как пачка укутанная в пленку проедет луч датчика наличия пачки после станка, происходит смыкание контуров с нитями накала необходимое для обрезания излишков пленки упаковки. Транспортёр после станка останавливается также по датчику наличия пачки после станка и запускается вновь только при подходе следующей упаковки, таким образом упаковка попадает в термо-тоннель.

Термо-тоннель состоит из кожуха необходимого для сохранения тепловой энергии, транспортёра состоящего из привода и цепной ленты для транспортировки упаковки. Кожух термо-тоннеля содержит в себе тепло-электронагреватели (ТЭН) а также вентилятор рециркуляции воздуха внутри кожуха. Температура внутри термо-тоннеля поддерживается посредством ПИД-ШИМ регулятора, также внутри термо-тоннеля расположен датчик температуры Pt100. Итак упаковка со спаянными концами упаковочной пленки, попадает посредством ленточного транспортёра на цепочный транспортёр, цепочный транспортёр работает весь цикл работы термо-тоннеля непрерывно. Посредством цепочного транспортёра упаковка проходит термо-тоннель, где под действием температуры упаковочная пленка сплавляется в одно целое, и далее подается на роликовый транспортер откуда и производится укладка упаковок в палету. Характеристики палеты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики штабеля палеты

Количество пачек в слое, шт	Количество пачек в ряду, шт	Общее количество пачек, шт	Общий вес пачек, кг	Вес поддона, кг	Длинна, м	Ширина, м	Высота, м
4	15	60	912	8	1,4	0,8	1,05

Производственная линия выпускает в среднем 2500м^2 , максимальное количество – 3500м^2 за одну смену, смена длится 12ч, производство ламината является не непрерывным производством, регламентированные перерывы 15 минут каждые три часа.

Исходя из вышеперечисленных характеристик и описания технологического процесса определим необходимые параметры для проектируемой системы управления технологическим процессом. Определим среднее быстродействие текущей производственной линии по формуле (1):

$$t_{\text{раб}} = t_{\text{см}} - 4t_{\text{пер}} = 12 * 60 - 4 * 15 = 660 \text{ мин.} = 11 \text{ ч}, \quad (1)$$

где $t_{\text{раб}}$ – общее время работы линии за смену, ч;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч;

$t_{\text{пер}}$ – продолжительность перерывов, ч. Также мы знаем что всего перерывов за смену 4.

Далее определим скорость производства линии по формуле (2):

$$v_{\text{сист}} = \frac{V_{\text{произ}}}{t_{\text{раб}}} = \frac{3500}{660} = 5,03 \text{ м}^2/\text{мин}, \quad (2)$$

где $V_{\text{произ}}$ – максимальная выработка продукции за смену, м^2 ;

$t_{\text{раб}}$ – общее время работы линии за смену, мин.

Далее определим производство количества пачек в минуту по формуле(3):

$$v_{\text{пач}} = \frac{v_{\text{сист}}}{V_{\text{пачки}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{пачки}}$ – объем пачки выпускаемого ламината.

Так как линия производства выпускает ламинат двух типоразмеров по толщине вычислим обе:

$$v_{\text{пач1}} = \frac{5,03}{1,347} = 3,93 \text{ шт/мин},$$

$$v_{\text{пач2}} = \frac{5,03}{2,516} = 2,107 \text{ шт/мин}.$$

Программно-аппаратная часть производственной линии составляет в большей степени немецкого производителя «Siemens AG». На всей линии производства установлены 2 контроллера S7-416. Управляющим

контроллером является 6ES7416-6CH04-0AB0 с распределенной периферией основанной на интерфейсных модулях IM-153. Связь между интерфейсными модулями и контроллерами осуществляется посредством промышленной сети ProfiBus. Преобразователи частоты на линии стоят различных производителей, таких как «SEW» - преобразователи частоты для вращения фрез во фрезерном станке, «STARTER» - преобразователи частоты вращения ленточных транспортеров, «ESQ» - преобразователи частоты вращения прижимных роликов. Несмотря на большой спектр фирм производителей частотных преобразователей наибольшее предпочтение предоставляется частотным преобразователям производства «ESQ», в пору их повышенной функциональности и взаимозаменяемости, большому спектру выбора мощностей, а также технико-экономических показателей.

Таким образом необходимо спроектировать участок формирования палеты удовлетворяющий следующим параметрам:

- Быстродействие системы примем равным 4 шт/мин, то есть каждую минуту на столе разгрузки текущей линии стоит в ожидании 4 упаковки ламината.

- Конструктивную часть необходимо рассчитать и выбрать полагаясь на габаритные размеры как самой упаковки так и конечной палеты, следует также учесть весовые характеристики упаковки ламината и конечной палеты.

- Программно-аппаратную часть необходимо выбрать опираясь на уже существующую систему автоматизированного управления, на базе линейки S7-400 производства «Siemens AG».

3 Обзор возможных вариантов конструкции механизма упаковки

На текущий момент для решения вопросов по штабелированию существует множество систем, основные типы которых:

1. Простейшее упаковочное оборудование. В настоящее время большинство упаковочных операций выполняется вручную. В таких случаях используют подъемный стол с электроприводом. Некоторые компании (Southworth Products, Bishamon Industries и др.) предлагают платформы для укладки продукции вручную. С пружин с тарированным усилием или пневматических амортизаторов по мере загрузки поддона высота положения платформы уменьшается, благодаря чему нет необходимости высоко поднимать груз или наоборот, низко нагибаться, укладывая груз. Эти платформы могут быть выполнены также поворотными, благодаря этому упаковщику не нужно все время кружить вокруг паллеты с грузом.

2. Полуавтоматическое оборудование. Такое оборудование пока мало распространено, но довольно широко используется для некоторых специфических видов работ, таких, как упаковка биг-бэгов с цементной смесью или ящиков с мелкими металлическими крепежными деталями – т. е. когда приходится иметь дело с грузом слишком тяжелым или неудобным для упаковки на поддонах вручную. Полуавтоматы хорошо подходят для линий с низкой скоростью подачи. При таких работах полностью автоматическое оборудование теряет свои преимущества, а полуавтоматы позволяют снизить травматизм по сравнению с ручной упаковкой и облегчить тяжелый, утомительный физический труд.

3. Автоматическое оборудование. Полностью автоматические машины для формирования грузов на поддонах – наиболее производительное и эргономичное. В основном на рынке предлагаются два вида автоматов для упаковки поддонов: традиционной конструкции и роботизированные. Существует несколько вариантов конструкции традиционных упаковочных автоматов, но основной момент укладывания в поддон бывает трех типов:

3.1. Машина формирует слой из грузов на столе, который расположен над поддоном. Затем стол быстро убирается, и слой грузов попадает на поддон – точно так же, как в фокусе со скатертью, которую выдергивают из-под стакана с водой, не пролив ни капли. Машина повторяет эту операцию до тех пор, пока весь груз не будет уложен на поддон.

3.2. Машина формирует слой из грузов на столе, который расположен рядом с поддоном. Затем стол опускается, и слой грузов попадает на вилочный транспортер и после он опускает ряд упаковок на штабель. Машина повторяет эту операцию до тех пор, пока весь груз не будет уложен на поддон.

3.3. Так же существует тип формирования штабеля вакуумным манипулятором, который также работает со слоем груза.

4. Роботизированные автоматы. Большинство роботизированных систем для упаковки поддонов оборудованы всего лишь электронным манипулятором, при помощи которого они перемещают грузы с производственного конвейера на поддоны. Роботизированные системы обладают целым рядом преимуществ. Автоматы с манипуляторами, как правило, занимают меньшую площадь, чем обычные линии для упаковки поддонов. Они способны упаковывать до четырех поддонов, одновременно забирая грузы с четырех производственных линий, и поэтому великолепно подходят для выполнения операций, не требующих высокой производительности. Главным подспорьем в данном виде штабелера является стоимость, по сравнению с другими она довольно велика [1].

Исходя из этого выберем за основу полностью автоматическую систему штабелирования. Главными тенденциями развития таких систем является ускорение процесса формирования штабеля, также немаловажной частью является сохранение продукции в исправном состоянии и недопустимости повреждения упаковки продукции (пленки и гофрокартона).

Был произведен обзор патентов связанных с различными типами продукции одного форматного размера.

RU 2 555 083 C2 «ПОДВЕСНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА И СПОСОБ ЕЕ РАБОТЫ». Основой для данного патента является трехосевой позиционер, т.е. в системе есть прямоугольная рама для передвижения в горизонтальной плоскости и также имеется захват, с помощью которого переносится готовые упаковки с продукцией, движущийся в вертикальной плоскости. Таким образом мы можем формировать сразу несколько штабелей. Основной проблемой патента заявлено переформирование штабеля продукции, для чего в захвате автор предлагает использовать буфер для временного хранения продукции. Данная система работает также с горизонтальными слоями и укладка продукции идет за счет выдвижной плоскости, а следовательно продукция падает под собственным весом, что ведет к увеличению брака. Также минусами данной системы, для нашего конкретного случая, являются ее габариты [2].

RU 2 570 182 C2 «УСТРОЙСТВО ДЛЯ ШТАБЕЛИРОВАНИЯ ЛИСТОВ ФАНЕРЫ». Основной конструкцией является транспортер с магнитными захватами, для перемещения листов фанеры. Основной проблемой автор заявляет точную транспортировку и позиционирование листов фанеры над штабелем, для решения этих задач автор предлагает внести в конструкцию магнитные захваты и использовать магнитный тормоз вкупе с пневматическим. Данная система имеет достаточно большую зависимость погрешности от люфтов, и применяя и адаптируя данную систему для нашей поставленной задачи необходимо будет решить вопрос о одновременном позиционировании сразу нескольких пачек продукции [3].

RU 2 523 835 C1 «УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДАЧИ И ШТАБЕЛИРОВАНИЯ СТОПОК ИЗДЕЛИЙ». Основной конструкцией является транспортер, стол для формирования слоя и магазин для формирования самого штабеля. В данном случае система работает следующим образом – транспортер подает стопку до стола расположенного ниже по уровню, после чего стопка с продукцией падает на перпендикулярное ребро, далее толкателями поступает в магазин. Основной проблемой автор

заявляет формирование больших штабелей, для решения этих задач автор предлагает делать различные объемы магазина и разграничить потоки движения стопок в магазин. Для работы устройства необходима продукция устойчивая к падениям и всяческим механическим повреждениям. Для наших целей подчеркнем что в данном патенте впервые увидели формирование слоя не горизонтально а вертикально, что достаточно удобно для того чтоб уменьшить время формирования штабеля. Т.е. для уменьшения времени в основном используют буфер для создания слоя, т.к. вертикальный слой имеет большее число упаковок продукции чем горизонтальный то и времени на формирование штабеля будет уходить меньше что приводит к уменьшению простоя линии [4].

RU 2 423 222 С1 «МАНИПУЛЯТОР». Основной конструкцией является транспортер, стол для формирования слоя и манипулятор для формирования стопки изделий. При штабелировании манипулятором мы достигаем меньшего количества брака за счет повреждения, но все это при должном техническом обслуживании вакуумной системы манипулятора [5].

RU 2 372 269 С1 «УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ШТАБЕЛЕЙ И ПАКЕТОВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ». Устройство включает в себя механизм штучной подачи пиломатериалов, раму с выравнивателями торцов пиломатериалов, размещенными в верхней части, щитоукладочный механизм, механизм формирования штабеля, механизмы укладки реек и выносной роликовый конвейер. Механизм формирования штабеля представлен в виде серии кареток с горизонтальными полками со встроенными роликами, которые охватывают вертикальные направляющие колонны, жестко соединенные с рамой. Каретки соединены вертикальными цепными передачами, синхронизирующим валом и шарнирами с вертикальными гидравлическими плунжерами. Между каретками расположены ветви роликового конвейера, представленные в виде отдельных рам с рядом роликов. Между каретками с вертикальными гидравлическими плунжерами и отводами выносного роликового конвейера расположены

приводные ролики поперечного выносного конвейера. Щитоукладочный механизм представлен в виде вилочного переключателя, расположенного на подвижной раме с направляющими. Новинка в устройстве заключается в том, что механизм формирования штабеля представлен в виде ряда кареток с горизонтальными полками со встроенными роликами, охватывающими вертикальные направляющие колонны, жестко соединенные с рамой. В данном устройстве мы видим что система также укладывает горизонтальные слои с помощью вилочного манипулятора и подъемной каретки [6].

На основе всего вышеперечисленного, можно сделать вывод что для увеличения быстродействия процесса укладки продукции в штабель на палету, необходимо создать некий буфер для формирования слоя и складывать штабель слоями. При формировании штабеля рядами трудно избежать падения ряда, также рассмотренные системы говорят о том, что сам продукт должен быть достаточно прочным и неприхотливым к механическим деформациям. Таким образом примем за основу автоматическую линию по производству укладки на основе манипулятора с тремя степенями свободы на жесткой раме (патент RU 2 423 222 C1 «МАНИПУЛЯТОР»). В сравнении с роботизированным такой манипулятор выдерживает большие нагрузки по весу и может транспортировать несколько упаковок одновременно, что ведет к увеличению быстродействия системы.

4 Разработка конструктивной части разрабатываемой системы

Разрабатываемая система должна включать в себя транспортер пачек до стола складывания упаковок в слои, стол формирования слоя упаковок, сам манипулятор и стол для формирования штабеля. Также необходимо проработать место откуда погрузчик будет забирать палету для дальнейшего складирования. Разработанная структурная схема системы представлена на рисунке.

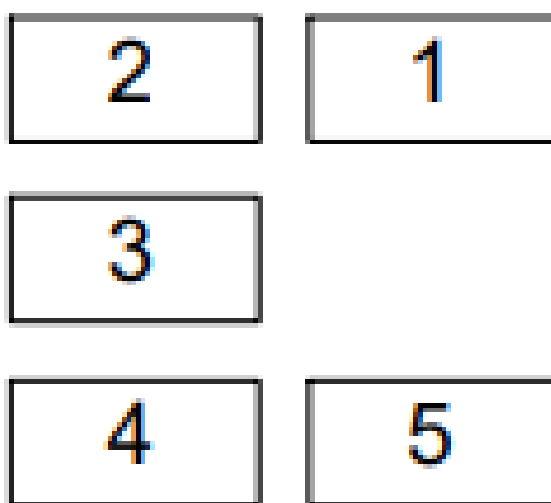


Рисунок 2 – Структурная схема разрабатываемой линии

где 1 – транспортер упаковок;
2 – стол формирования слоя упаковок;
3 – манипулятор;
4 – стол формирования штабеля палеты;
5 – разгрузочный стол.

Таким образом пачка выехав из термо-тоннеля попадает на транспортер упаковок 1 после чего она перемещается на стол формирования слоя 2, где формируется слой из четырех упаковок, далее посредством манипулятора 3 слой укладывается на стол формирования штабеля палеты и, после того как палета сформируется, палеты перемещается на разгрузочный стол 5. Примем такое расположение столов для экономии места на участке производства.

Транспортер упаковок состоит из валов соединенных с приводом цепной передачей, вращение между валами будет передаваться также посредством цепной передачи. Расположение звезд цепной передачи будет с одной стороны, противоположной расположению вакуумного манипулятора, рисунок 3.

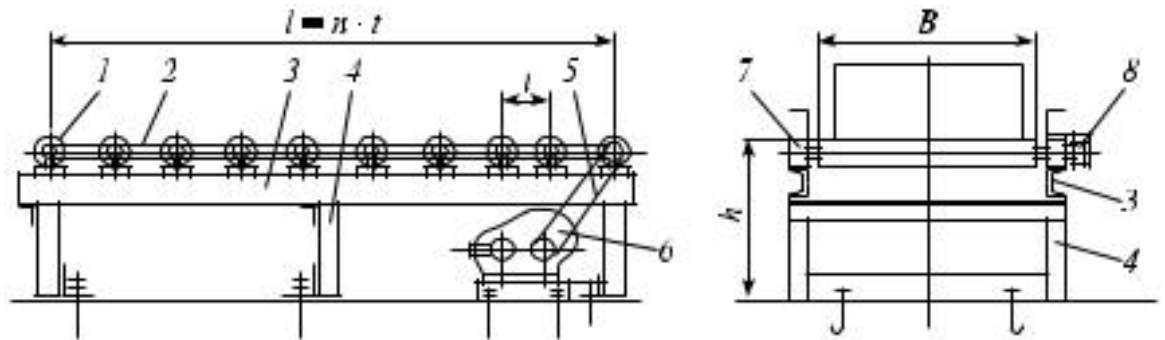


Рисунок 3 – Роликовый транспортер с цепной передачей

- где
- 1 — приводные ролики;
 - 2 — цепные передачи между роликами;
 - 3 — продольные балки металлоконструкции;
 - 4 — стойки конструкции;
 - 5 — цепная передача привода на первый ролик;
 - 6 — привод;
 - 7 — подшипники;
 - 8 — сдвоенная звездочка.

Определим основные габаритные параметры транспортера. Высоту транспортера h примем равной высоте транспортера термо-тоннеля – 1,5м. Ширину транспортера примем равной ширине двух упаковок ламината – 400мм или 0,4м. Также зададимся общей длиной транспортера и расстоянием между валами вследствие чего произведем расчет количества используемых валов. Общая длина транспортера должна превышать ширину формируемого слоя хотя бы в два раза, следовательно примем длину вычисляемую по формуле (4):

$$l_{\text{транс1}} = 2l_{\text{пачки}} = 2 * 1,4 = 2,8 \text{ м} , \quad (4)$$

Расстояние между валами примем 0,2м при диаметре самого вала 0,05 это необходимо во избежание провисания цепи, а также для размещения подъемного ленточного транспортера формирования слоя следующего стола между валами роликового транспортера. Таким образом расстояние между крайними точками соседних валов вычисляется по формуле (5):

$$l_{\text{промеж}} = l_{\text{диам}} - 2 \frac{d_{\text{вала}}}{2} = 0,15 \text{ м}, \quad (5)$$

Общее количество валов транспортера вычисляется по формуле (6):

$$n = \frac{l_{\text{транс1}}}{l_{\text{диам}}} = \frac{2,8}{0,2} = 14 \text{ шт}, \quad (6)$$

Стол формирования слоя упаковок представляет из себя траковый поперечный транспортер, с одной подъемной стороной. Ширина траковой ленты должна не превышать зазора между валами предыдущего транспортера 0,15м поэтому выберем трак шириной 0,07м. Общий вид тракового поперечного транспортера представлен на рисунке 4.

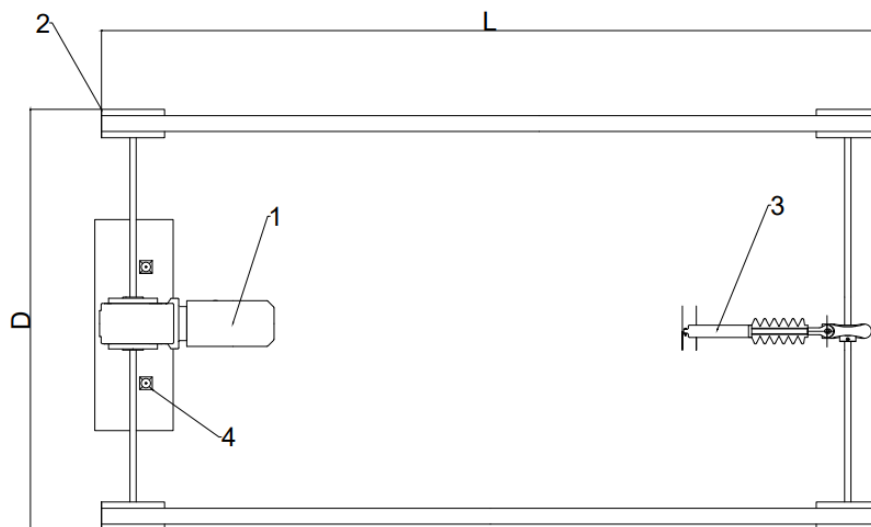


Рисунок 4 – Траковый поперечный транспортер

- Где 1 — приводные система транспортера;
 2 — траковый транспортер;
 3 — пневмоцилиндр поднятия транспортера;
 4 — упоры остановки слоя.

Длину транспортера примем равной величине вдвое большей ширины слоя упаковок $L=1,6$ м, ширину примем меньше длины упаковки $D=1$ м.

Пневмоцилиндр поднятия транспортера необходим для изменения направления движения упаковки, т.е. после того, когда упаковка доехала до конечного положения на роликовом транспортере, один конец тракового транспортера поднимается, посредством пневмоцилиндра, и запускается сам траковый транспортер. Пневмоцилиндр жестко прикреплен к раме роликового транспортера. Пример расположения тракового транспортера под роликовым изображен на рисунке 5.

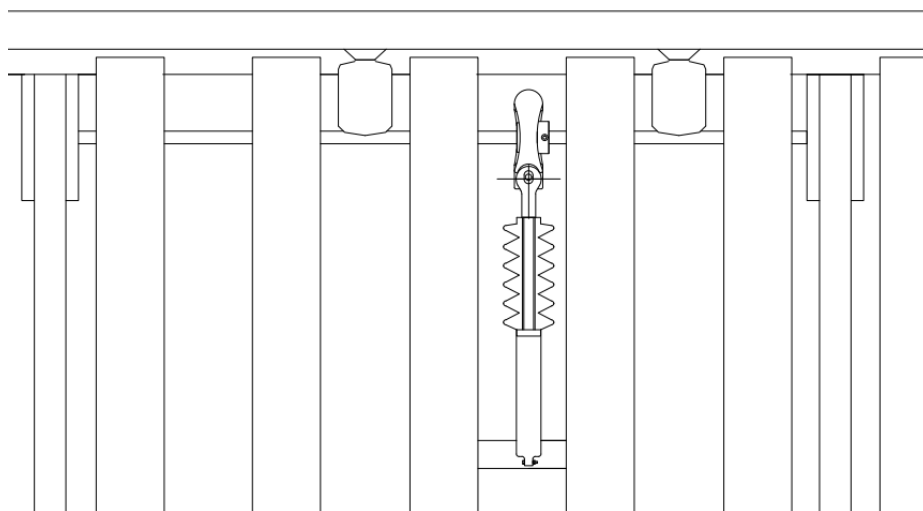


Рисунок 5 – Расположение тракового транспортера

Поднятие тракового поперечного транспортёра необходимо производить на определенную величину, для предотвращения столкновения ответного вала тракового поперечного транспортера и роликов предыдущего транспортера. Но необходимо также обеспечить достаточный подъем для того чтоб плоскость транспортировки тракового транспортера была выше чем плоскость роликового транспортера. Произведем геометрический расчет, на основе которого примем диаметр приводных роликов тракового транспортера. Высоту неподвижной точки тракового транспортера примем на 20 см. меньшей чем высота роликового транспортера, т.е. равной 1,3м длина равна 1,6м. Ширина роликового транспортера равна 0,4м. Таким образом найдем угол минимального наклона тракового транспортера определяемый по формуле (7):

$$tg(\alpha) = \frac{h_{\text{роликов}} - h_{\text{траков}}}{l_{\text{траков}} - B_{\text{роликов}}} = \frac{1,5 - 1,3}{1,6 - 0,4} = 0,166, \quad (7)$$

Следовательно минимальный угол наклона $\alpha=9^\circ$. Примем угол равным $\alpha=11^\circ$. Следовательно высоту верхней подвижной точки рассчитываем по формуле (9):

$$\Delta h_{\text{пт}} = \operatorname{tg}(\alpha) l_{\text{траков}} = 0,194 * 1,6 = 0,311 \text{ м}, \quad (8)$$

$$h_{\text{пт}} = h_{\text{траков}} + \Delta h_{\text{пт}} = 1,3 + 0,311 = 1,611 \text{ м}, \quad (9)$$

Определим необходимый диаметр ответного ролика тракового поперечного транспортера по формуле (10):

$$D_{\text{ролика}} = (h_{\text{пт}} - h_{\text{роликов}}) * 2 = (1,611 - 1,5) * 2 = 0,222 \text{ м}, \quad (10)$$

Примем диаметр ответного ролика тракового поперечного транспортера равным 0,23м т.е. 23см. Соответственно высота поднятия вала тракового поперечного транспортера (величина вылета штока пневмоцилиндра) определяется формулой (11):

$$H_{\text{вылета}} = \frac{D_{\text{ролика}}}{2} + \frac{D_{\text{р.тр.}}}{2} - \Delta = 0,115 + 0,025 - 0,04 = 0,1 \text{ м}, \quad (11)$$

где $\Delta=0,04$ — величина зазора между приводным валом тракового транспортера и валами предыдущего роликового транспортера.

Манипулятор для перемещения слоя упаковок представляет собой сложную конструкцию состоящую из нескольких систем:

- система перемещения манипулятора в горизонтальной плоскости;
- система перемещения в вертикальной плоскости;
- вакуумная система.

Система перемещения манипулятора в горизонтальной плоскости состоит из несущей конструкции, рамы самого манипулятора на которой будет располагаться шкаф управления, все приводные системы и вакуумная система.

Рассмотрим более подробно несущую конструкцию. Опоры для несущей конструкции необходимо выполнить из квадратного полого профиля размерами 150х150 мм. Высоту опор манипулятора примем в 1,5 раза больше высоты штабеля также необходимо учесть высоту транспортера выгрузки штабеля. Высоту опор манипулятора рассчитаем по формуле (12):

$$H_{\text{манипулятора}} = 1,5h_{\text{штабеля}} + h_{\text{тр.выгр.}} = 1,05 * 1,5 + 0,4 = 1,975 \text{ м}, \quad (12)$$

Примем высоту манипулятора равной 2м. Также необходимо выбрать профиль для опоры перемещения рамы манипулятора. Выберем профиль двутавровую широкополочную балку с параллельными гранями, выбор наш основан на более высокой устойчивости к большим нагрузкам и достаточно большой распространенности в использовании в промышленном строительстве. Длину несущей конструкции вберем основываясь на том, что конструкция будет располагаться над столом формирования слоя и столом формирования штабеля, также необходимо учесть зазоры между столами и конструктивные особенности (кожуха безопасности, расположение приводов). Длина стола формирования слоя 2,8м. так, как часть стола (0,4м.) расположена под роликовым транспортером то ее учитывать не стоит, зазор между столами примем 0,3м., ширину стола формирования штабеля палеты примем равную ширине штабеля с запасами с обеих сторон 0,2м. то есть 1,2м. Таким образом длина двутавра 4,3м. Также в верхней части двутавра необходимо разместить рельсу перемещения рамы манипулятора размерами 10х5мм. Данная рельса крепиться к двутавру с помощью резьбового соединения с потайной головкой. Параметры балки изображены на рисунке 6.

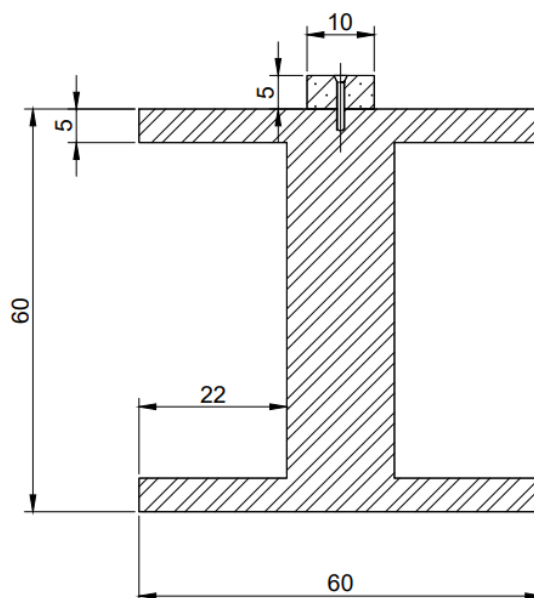


Рисунок 6 – Разрез профиля несущей балки

Также на несущей конструкции расположена балка поперек конструкции, для ограничения движения манипулятора и жесткости

конструкции. Балка выполнена в форме швеллера с отбойниками выполненными из резины. Швеллер соединен с общей конструкцией резьбовым соединением и также выполняет функции крепления зубчатой ленты необходимой для передвижения манипулятора. Длина швеллера должна быть больше длины штабеля палеты(1,4м), составляет 2м, и равна общей ширине манипулятора. Размеры балки швеллера представлены на рисунке 7.

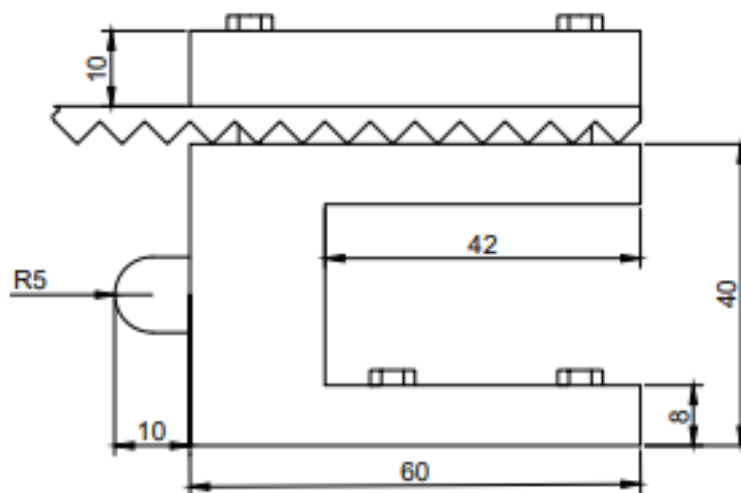


Рисунок 7 – Балка-швеллер

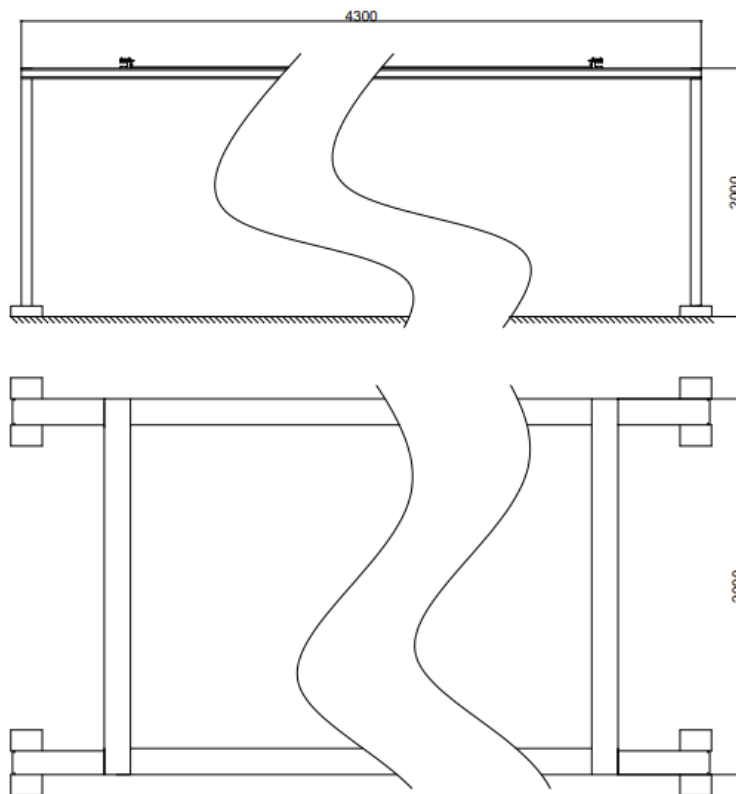


Рисунок 8 – Общий вид несущей конструкции

Рама манипулятора представляет собой основу на которой будут располагаться система позиционирования, вакуумная система, привода перемещения и шкаф управления. Определим габаритные размеры рамы, ширина рамы будет равна ширине несущей конструкции так, как рама перемещается по рельсам расположенной на двутавре несущей конструкции. Таким образом ширину рамы примем равной 2000мм. Длина несущей рамы определяется шириной слоя упаковок и должна быть больше ее, но менее длины стола формирования слоя. Так как ширина слоя равна 0,8м а длина стола формирования 2,8м, примем длину рамы равной 2000мм. Достаточно большая длина обоснована еще тем, что на раме необходимо расположить достаточно массивные системы. Каркас рамы выполним из металлического квадратного профиля 30х30мм с толщиной стенки 5мм. Общий вид разрабатываемой рамы приведен на рисунке 9.

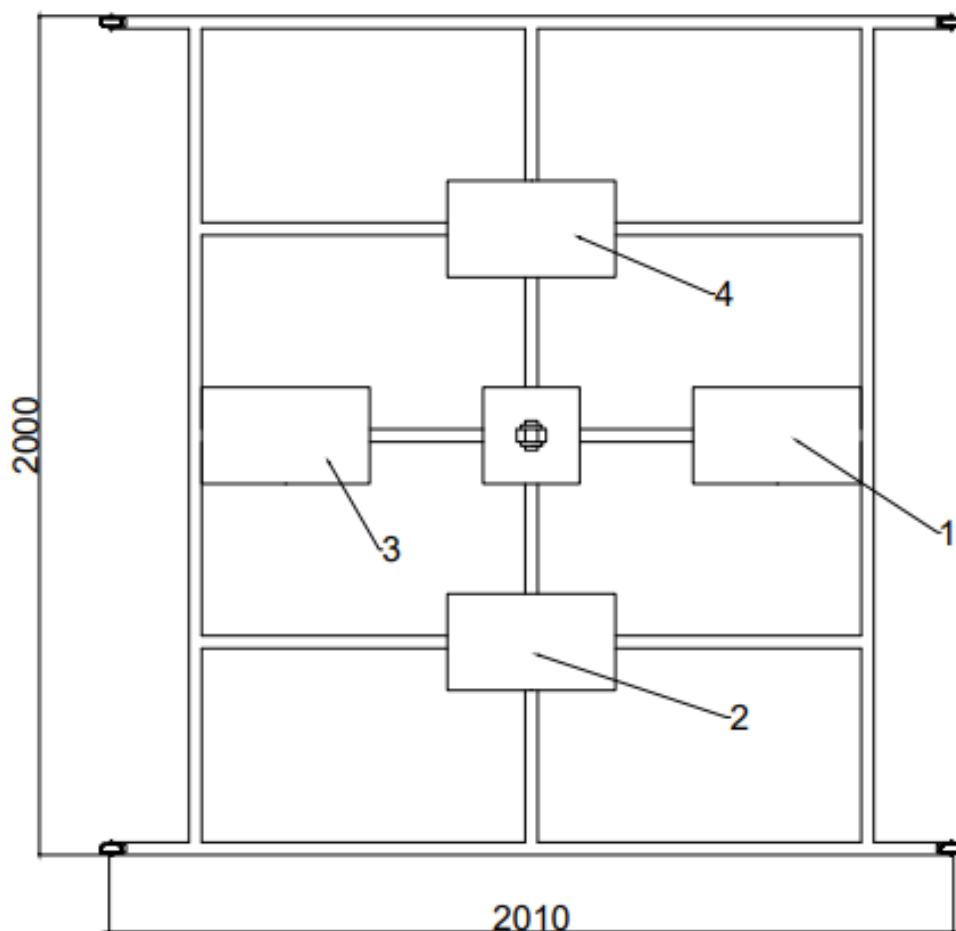


Рисунок 9 – Разрабатываемая рама вид сверху

- где 1 – площадка привода позиционирования рамы;
2 – площадка расположения вакуумной системы;
3 – площадка расположения привода позиционирования вакуумных присосок;
4 – площадка расположения шкафа управления.

Также на раме расположен тоннель для перемещения каркаса вакуумной системы, с ребрами жесткости, рисунок 10.

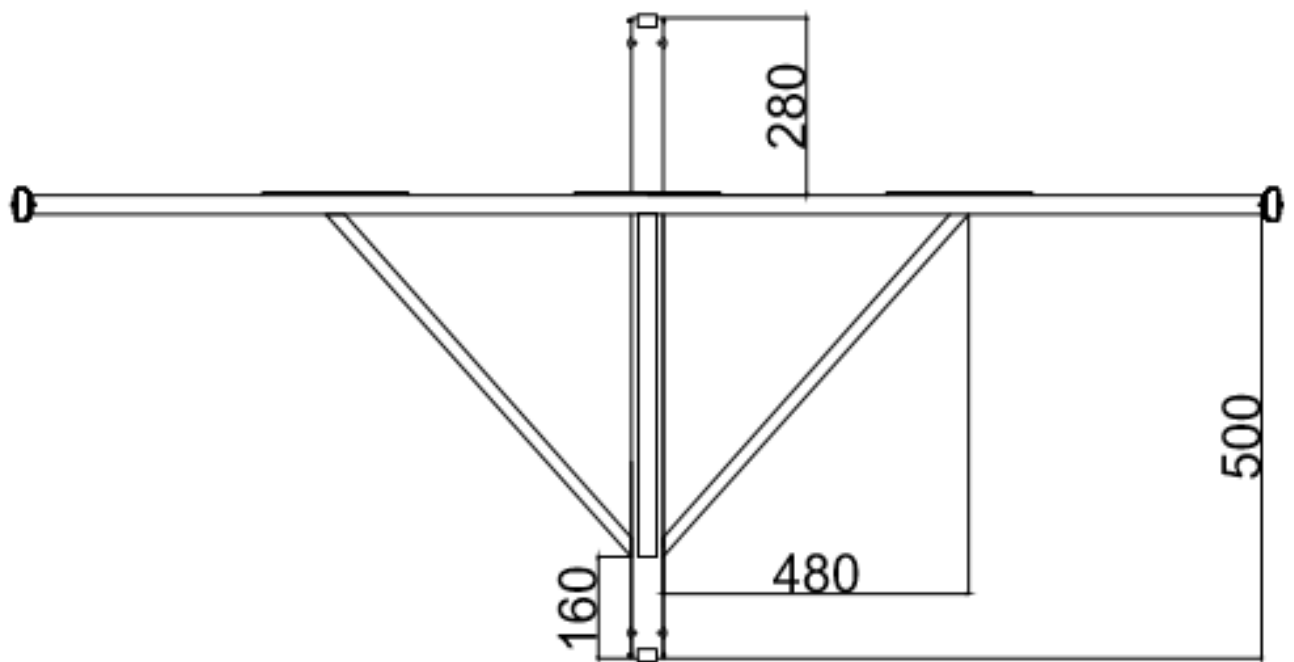


Рисунок 10 – Разрабатываемая рама вид сбоку

Рама передвигается по каркасу по рельсам колеса имеют внешний диаметр 50мм, внутренний 45мм, необходимый для поднятия рамы относительно опорной конструкции. Таким образом мы достигаем зазор 10мм между рамой и несущей конструкцией, это необходимо во избежание трения. Колесо соединяется с каркасом рамы пальцем с фиксирующей шайбой. Параметры ролика предоставлены на рисунке 11.

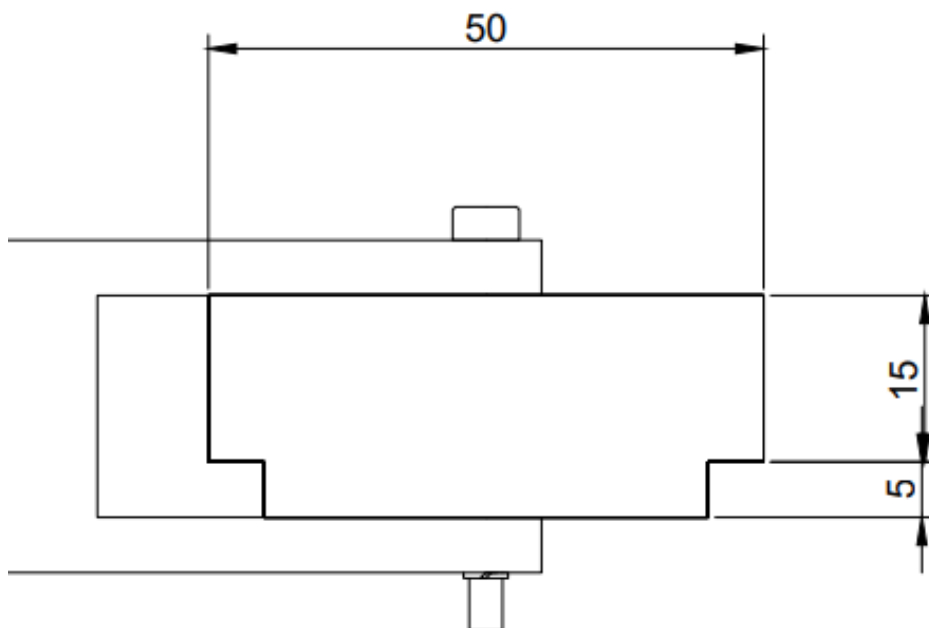


Рисунок 11 – Колесо передвижения рамы

Привод движения и позиционирования рамы состоит из двигателя с редуктором, приводного вала с опорными подшипниками, приводной шестерни, зубчатого ремня и роликов натяжения ремня. Схема расположения привода изображена на рисунке 12. Натяжение ремня производится двумя обводными роликами перед и после шестерни зубчатого ремня, рисунок 13.

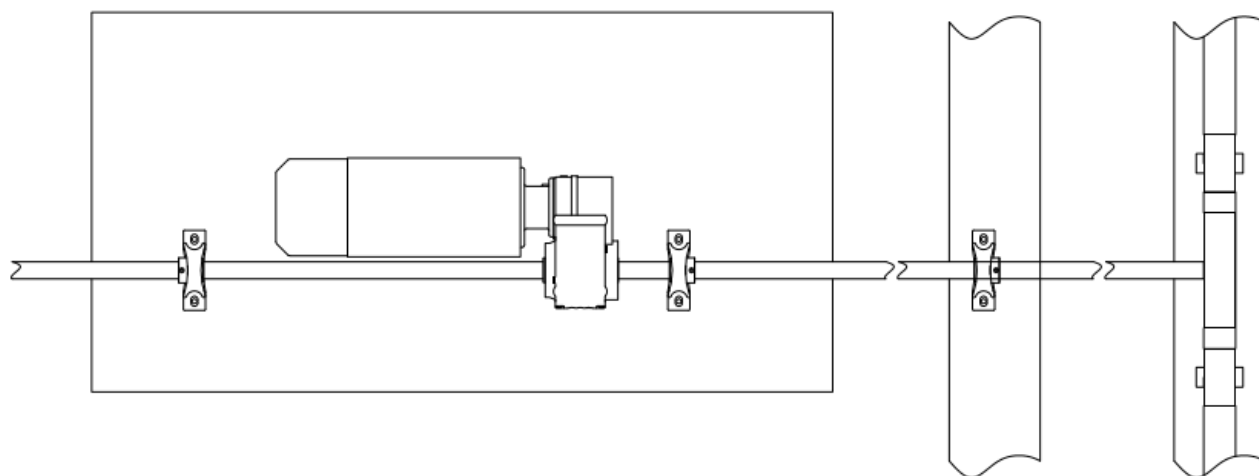


Рисунок 12 – Привод позиционирования рамы

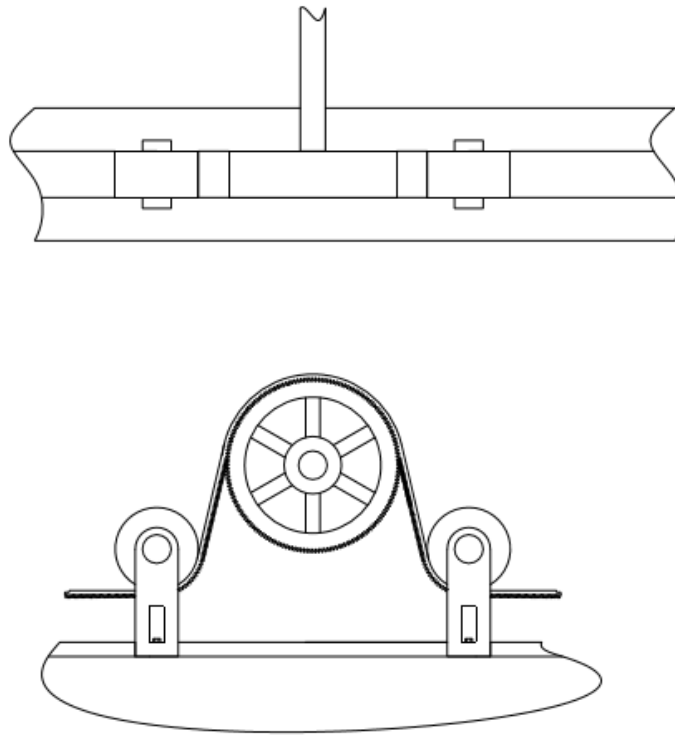


Рисунок 13 – Система натяжения приводного ремня

Рассчитаем конструктивные особенности вакуумной системы исходя из параметров рамы. Длина штока опускающего/поднимающего системы вакуумных присосок должна быть больше тоннеля рамы и обеспечивать ход на всю высоту формируемого штабеля палеты, рассчитывается по формуле (13):

$$L_{\text{штока}} = h_{\text{штабеля}} + L_{\text{тонеля}} = 1050 + 810 = 1860\text{мм} \quad (13)$$

Для расположения вакуумных присосок выберем глухой с обеих сторон металлический коллектор балки прямоугольного профиля формы размером 10x10мм с толщиной стенок 1мм. На один коллектор будет крепиться 2 вакуумные присоски, таким образом один коллектор будет отвечать за транспортировку одной упаковки ламината. Длина коллектора определяется длиной упаковки и должна не превышать 1382мм, выберем длину коллектора 1000мм, с равным удалением краев коллектора 500мм от центра упаковки. Итак нам необходимо 4 вакуумных коллектора для транспортировки слоя упаковок ламината, на каждом коллекторе расположено по две присоски. Также нам необходимо расположить коллекторы по центру

относительно каждой упаковки в слое. Расположение коллекторов над слоем упаковок изображено на рисунке 14.

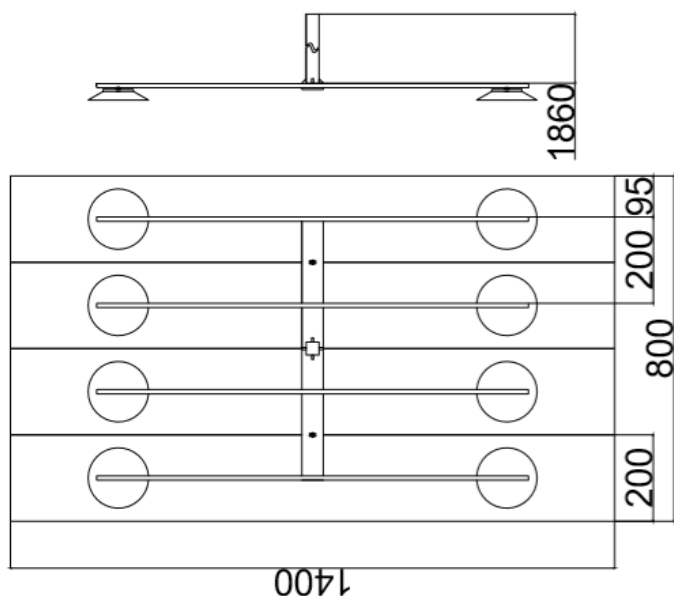


Рисунок 14 – Расположение коллекторов над слоем упаковок

Передвижение вакуумной системы в вертикальной плоскости производится посредством электропривода расположенного на раме манипулятора. Привод включает в себя электродвигатель, редуктор, приводной вал, ролик, ремень для передачи движения, также на пластине крепления коллекторов находится крепление ответной части ременной передачи. Таким образом при вращении двигателя на ролик наматывается приводной ремень приводя в движение систему вакуумных присосок. Привод вакуумной системы изображен на рисунке 15.

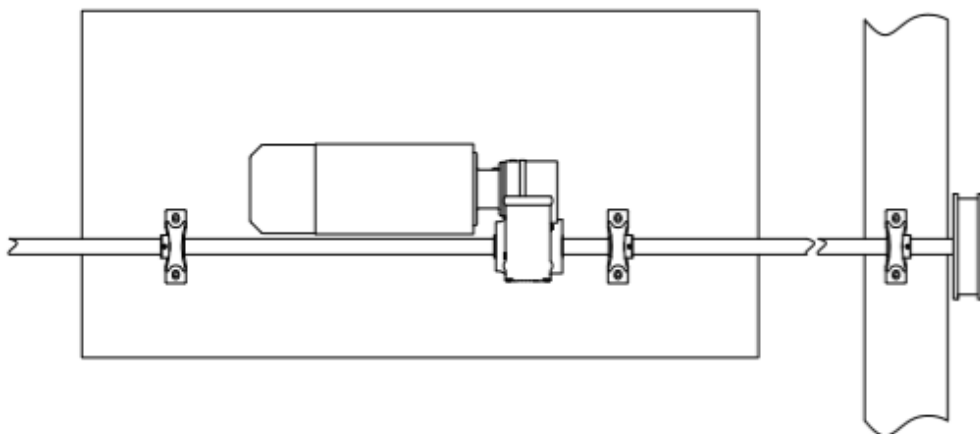


Рисунок 15 – Привод вакуумной системы

Крепление ответной части ремня представляет собой основание, прикрепленное к пластине и палец для фиксации ремня. Палец фиксируется зажимной шайбой. Ролик и крепление изображено на рисунке 16.

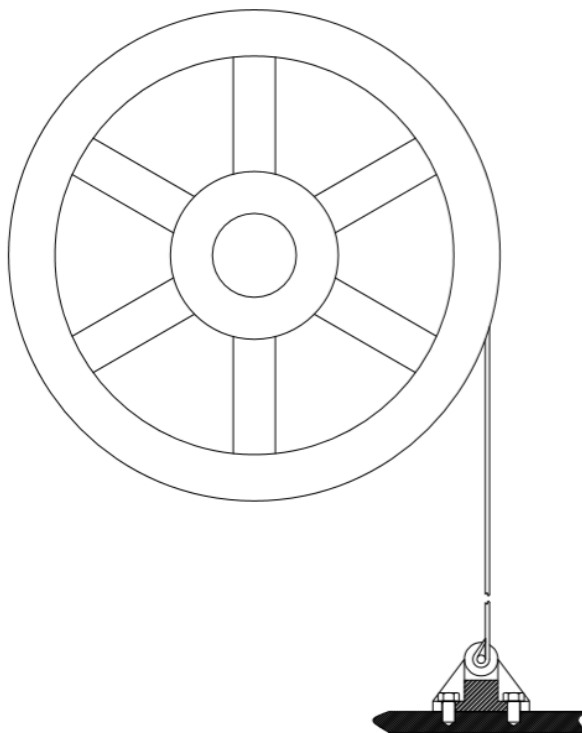


Рисунок 16 – Ременная передача привода движения вакуумной системы

Выбор присосок произведем на основе масса-габаритных значений упаковки ламината. Начальный уровень разрежения целесообразно устанавливать несколько больше — уровень после присасывания стабилизируется. Диаметр присоски определяется исходя из значений начального уровня вакуума. Чтобы выбрать присоску, следует иметь в виду, что уровень вакуума в процессе присасывания продукта и его удержания снижается из-за утечек. Тип присоски выберем плоской так, как они используются при работе с плоскими не шероховатыми поверхностями в условиях отсутствия деформации изделия, большого диаметра из-за веса упаковки ламината. Выбранная присоска изображена на рисунке 17.

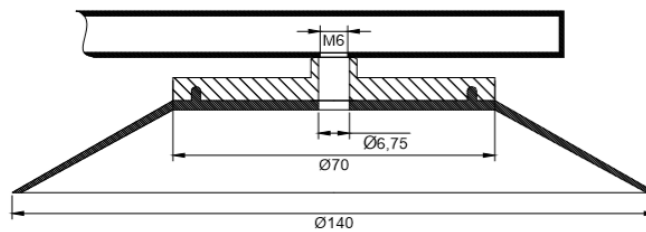


Рисунок 17 – Параметры присоски

Транспортер штабеля палеты состоит из валов соединенных с приводом цепной передачей, вращение между валами будет передаваться также посредством цепной передачи. Расположение звезд цепной передачи будет с одной стороны, противоположной расположению вакуумного манипулятора.

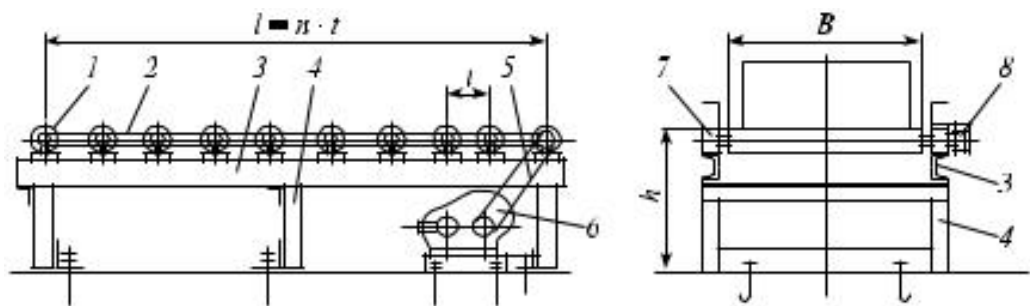


Рисунок 18 – Роликовый транспортер с цепной передачей

- где
- 1 — приводные ролики;
 - 2 — цепные передачи между роликами;
 - 3 — продольные балки конструкции;
 - 4 — стойки конструкции;
 - 5 — цепная передача привода на первый ролик;
 - 6 — привод;
 - 7 — подшипники;
 - 8 — сдвоенная звездочка.

Определим основные габаритные параметры транспортера. Высоту транспортера h примем равной 0,3м. Ширину транспортера примем равной ширине штабеля с запасом с обеих сторон – 1,2м. Также зададимся общей длиной транспортера и расстоянием между валами вследствие чего произведем расчет количества используемых валов. Общая длина

транспортера должна превышать ширину формируемого слоя хотя бы в два раза, следовательно примем длину вычисляемую формулой (14):

$$l_{\text{транс1}} = 2l_{\text{пачки}} = 2 * 1,4 = 2,8 \text{ м}, \quad (14)$$

Расстояние между валами примем 0,2м при диаметре самого вала 0,1м это необходимо во избежание провисания цепи, а также для размещения подъемного ленточного транспортера формирования слоя следующего стола между валами роликового транспортера. Таким образом расстояние между крайними точками соседних валов вычисляется по формуле (15):

$$l_{\text{промеж}} = l_{\text{диам}} - 2 \frac{d_{\text{вала}}}{2} = 0,1 \text{ м}, \quad (15)$$

Общее количество валов транспортера вычисляется по формуле (16):

$$n = \frac{l_{\text{транс1}}}{l_{\text{диам}}} = \frac{2,8}{0,1} = 28 \text{ шт}, \quad (16)$$

На участке выгрузки предусмотрен пропуск двух валов необходимый для снятия штабеля палеты вилочным погрузчиком, следовательно количество валов снизиться до 26.

5 Разработка алгоритма работы участка линии

Транспортер упаковок запускается по срабатыванию датчика наличия упаковки на выходе упаковки из термо-тоннеля, то есть датчик расположен между термо-тоннелем и транспортером упаковок, также еще одним из условий запуска является то условие, что двигатель цепного транспортера термо-тоннеля запущен. Упаковка транспортируется до упоров в конце транспортера сигнал о том что упаковка спозиционировалась приходит с датчика наличия упаковки в конце транспортера.

Далее происходит подъем одного края стола формирования слоя упаковок после чего запускается привод тракового транспортера упаковка меняет направление движения, привод отключается только после того как полностью будет набран слой. Опускание же края стола формирования слоя будет происходить по сигналу о наличии упаковки со стола формирования слоя, сигнал о опускании края стола формирования слоя также будет необходимым условием для запуска транспортера упаковок.

После того как будет сформирован слой упаковок происходит опускание вакуумной системы манипулятора, опускание происходит до сигнала о достижении необходимой позиции. При достижении позиции срабатывает вакуумная система для создания вакуума и присасывания упаковок слоя. По завершения набора вакуума до необходимой величины происходит подъем вакуумной системы. После подъема до верхней позиции вакуумной системы происходит передвижение манипулятора в горизонтальной плоскости до позиции формирования штабеля палеты. После чего происходит повторное опускание вакуумной системы до необходимой позиции, по достижении которой происходит отключение вакуумной установки. Далее манипулятор возвращается в домашнюю позицию и встает в ожидании следующего слоя.

Транспортер штабеля палеты запускается по полному формированию штабеля, которое происходит путем подсчета количества опускаемых слоев

упаковок. Остановка и позиционирование штабеля палеты происходит по датчикам наличия палеты в конце транспортера.

Далее рассмотрим более подробно алгоритм работы каждого привода. Для этого необходимо назначить цифро-буквенное обозначение каждого стола. Исходя из имеющегося цифро-буквенного обозначения, термо-тоннель имеет обозначение K90, назначим:

- транспортер упаковок – K91;
- стол формирования слоя упаковок – K92;
- манипулятор – K93;
- стол формирования штабеля палеты и разгрузочный стол – K94.

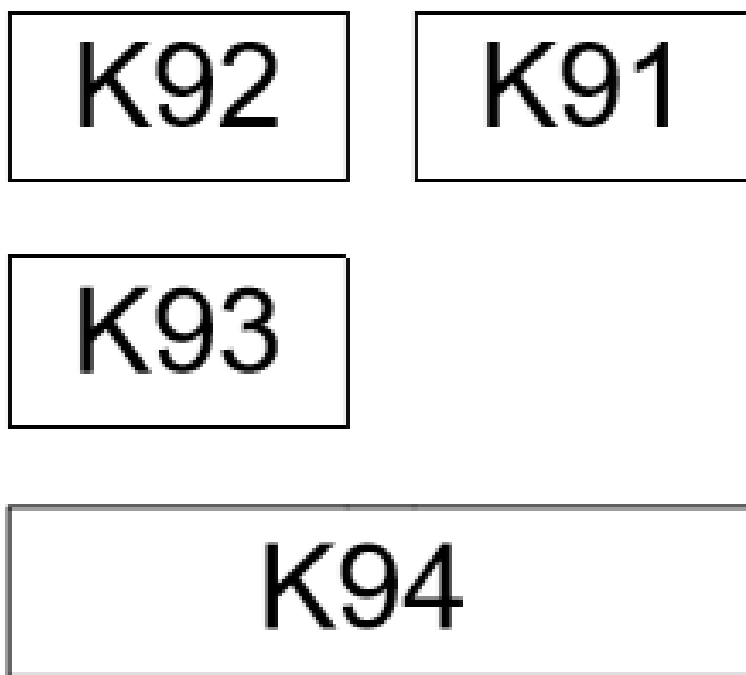


Рисунок 19 – цифро-буквенное обозначение разрабатываемого участка линии.

Таким образом мы объединили стол формирования палеты и разгрузочный стол в один участок, что физически представляет из себя один роликовый транспортер.

Рассмотрим алгоритм управления стола K91. Стол K91 состоит из роликового транспортера, привода роликового транспортера и датчиков

наличия упаковки. Датчики наличия упаковки находятся в начале, назовем его K91-B101, и конце, назовем его K91-B102, транспортера. Привод роликового транспортера назовем K91-M01. Итак алгоритм управления стола K91 будет ничем иным, как алгоритмом управления приводом K91-M01. Запуск привода осуществляется при условии отсутствия неисправности на столах K90-K92 и отсутствия общей неисправности системы управления линией. Запуск привода осуществляется синхронно с запуском привода ленточного транспортера подачи упаковки в термо-тоннель, либо при срабатывании датчика наличия упаковки на входе стола K91, либо вручную с пульта оператора с кнопки K91-S01, кнопка также будет включать в себя индикатор состояния привода K91-M01, K91-H01. Останов же привода K91-M01 будет происходить по срабатыванию датчика K91-B102, по истечению некоторого времени необходимого для полного позиционирования упаковки.

Комплектность участка K91:

- K91-M01 – привод;
- K91-B101 – датчик наличия упаковки в начале линии;
- K91-B102 – датчик наличия упаковки в конце линии;
- K91-S01 – кнопка ручного запуска привода;
- K91-H01 – индикатор работы привода.

Рассмотрим алгоритм управления стола K92. Стол состоит из тракового транспортера, привода тракового транспортера K92-M01, пневмоцилиндра с пневмораспределителем K92-Y01, датчика наличия первой упаковки в слое K92-B104, расположенного со стороны ограничивающих упоров, датчика наличия второй упаковки в слое K92-B103, датчика наличия первой упаковки в слое K92-B102, и датчика последней четвертой упаковки слоя K92-B101, расположенного на расстоянии равном ширине слоя от датчика K92-B104.

Подъем края стола формирования слоя осуществляется посредством пневмоцилиндра K92-Y01, сработка его происходит по датчику K91-B102 и остановке привода K91-M01, либо по сигналу подаваемому с кнопки K92-S02

с пульта оператора, кнопка также оснащена индикатором состояния пневмоцилиндра K92-H02. Пневмоцилиндр оснащен датчиком крайнего положения штока, K92-B105. Опускание штока пневмоцилиндра происходит при срабатывании переднего фронта датчика K92-B101.

Запуск привода тракового транспортера K92-M01 осуществляется после сработки клапана K92-Y01 и датчика K92-B105. Также условием для работы двигателя является несработка одного из датчиков K92-B101 – K92-B104. Условием для останова привода K92-M01 является срабатывание переднего фронта датчиков K92-B101 – K92-B104 с небольшой задержкой. Также условием для останова привода K92-M01 является положение вакуумной системы манипулятора в нижней точке над столом K92. Для ручного режима работы предусмотрена кнопка старт K92-S01 с индикатором работы привода K92-H01.

Комплектность участка K92:

- K92-M01 – привод;
- K92-B101 – датчик наличия 4 упаковки слоя;
- K92-B102 – датчик наличия 3 упаковки слоя;
- K92-B103 – датчик наличия 2 упаковки слоя;
- K92-B104 – датчик наличия 1 упаковки слоя;
- K92-Y01 – пневмораспределитель;
- K92-B105 – датчик крайнего положения штока пневмоцилиндра;
- K92-S01 – кнопка ручного запуска привода;
- K92-H01 – индикатор работы привода;
- K92-S01 – кнопка ручного срабатывания пневмоцилиндра;
- K92-H01 – индикатор состояния пневмоцилиндра.

Рассмотрим алгоритм управления стола K93. Стол состоит из системы перемещения манипулятора в горизонтальной плоскости, системы перемещения в вертикальной плоскости и вакуумной системы.

После того как на столе K92 сформировался слой упаковок, датчики K92-B101 – K92-B104 все сработаны, нет разрешения перемещения привода K92-M01 и рама манипулятора находится в «домашней» позиции (над столом K92), т.е. сработан датчик K93-B201, только тогда появляется разрешение на движение опускания системы вакуумных присосок. Опускание и поднятие вакуумных присосок должно производиться плавно и без рывков приводом K93-M01, также необходимо обеспечить плавную стыковку присосок и слоя упаковок, для этих целей движение привода будет осуществляться не прямым пуском а посредством преобразователя частоты(ПЧ). Плавный пуск осуществляем подбором настроек ПЧ. Для обеспечения плавной стыковке на ролике сматывающем подъемный ремень устанавливается концевой выключатель с нормально-открытым контактом и роликовым чувствительным элементом K93-B101, т.е. при разматывании подъемного ремня на определенный уровень срабатывает концевой выключатель, сигнал с которого определяет конечную скорость. Таким образом при опускании системы вакуумных присосок сначала идет разгон до определенной частоты, затем выход на рабочую частоту а после срабатывания концевого выключателя K93-B101 скорость является самой минимальной. Значения частоты и параметры скорости определяются на этапе пуско-наладочных работ (ПНР). Остановка привода происходит при срабатывании K93-B101 и концевого выключателя срабатывающего на слой упаковок K93-B102. Концевой выключатель K93-B102 представляет собой индуктивный датчик срабатывающий на металлический стержень который при опускании присосок упирается в слой упаковок и поднимается вверх относительно точки крепления после чего срабатывает K93-B102, настройку положения концевого выключателя необходимо обеспечить таким образом чтоб было полное соприкосновение присосок со слоем упаковок и не было провисания ремня поднятия вакуумной системы.

После того как система присосок спозиционировалась подается сигнал на запуск системы создания вакуума, таким образом создается разряжение для

поднятия и удержания слоя упаковок. Обратное поднятие системы вакуумных присосок начинается только после того как разряжение достигнет определенного значения и будет превышать значение сработки реле давления разряжения K93-B103. После того как реле давления разряжения K93-B103 подаст сигнал о достаточном разряжении в системе начинается обратный подъем системы присосок на малой скорости. Все передвижения при наличии слоя упаковок на манипуляторе выполняются на малой скорости, во избежание срыва упаковок ламината. Подъем системы присосок производится до датчика верхнего положения K93-B104.

При сработавшем реле давления разряжения K93-B103 и датчике верхнего положения K93-B104, а также при условии что рама манипулятора находится в домашней позиции (K93-B201) начинается движение манипулятора в горизонтальном направлении, приходит сигнал о разрешении движения привода K93-M02. Движение вперед при наличии слоя упаковок осуществляется посредством ПЧ на малой скорости с плавным пуском. Рама манипулятора передвигается ременной передачей посредством привода K93-M02 до датчика K93-B202 находящегося над столом транспортера штабеля палеты. При достижении K93-B202 привод K93-M02 останавливается и происходит процесс опускания слоя также как описано выше только при срабатывании K93-B102 вакуумная система отключается. Далее система присосок поднимается вверх и происходит обратное движение рамы до домашней позиции.

Комплектность участка K93:

- K93-M01 – привод опускания присосок;
- K93-B101 – датчик установки скорости опускания;
- K92-B102 – датчик крайнего нижнего положения;
- K93-B103 – реле давления разряжения;
- K93-B104 – датчик крайнего верхнего положения;
- K93-M02 – привод движения рамы манипулятора;

- К93-В201 – датчик «домашней» позиции;
- К93-В202 – датчик позиции разгрузки.

Рассмотрим алгоритм управления стола К94. Стол представляет собой роликовый транспортер состоящий из привода движения, роликов, трех датчиков наличия штабеля палеты, датчика максимальной высоты штабеля палеты.

При срабатывании датчика максимальной высоты штабеля палеты К94-В101, и срабатывании датчика наличия палеты в зоне формирования штабеля К94-В102, подается команда на ПЧ привода транспортера К94-М01. При срабатывании первого датчика К94-В103 в зоне выгрузки палеты, на ПЧ привода К94-М01 поступает сигнал о смене скорости на частоты вращения на более низкую. Далее палета движется на маленькой скорости до датчика К94-В104, при срабатывании его привод К94-М01 останавливается.

Комплектность участка К94:

- К93-М01 – привод транспортера;
- К93-В101 – датчик максимальной высоты штабеля;
- К92-В102 – датчик наличия палеты в зоне формирования;
- К93-В103 – датчик 1 наличия палеты в зоне отгрузки;
- К93-В104 – датчик 2 наличия палеты в зоне отгрузки.

6 Разработка системы управления

Система управления линии производства ламината базируется на программируемом логическом контроллере (ПЛК) производства Siemens типа S7-416-3 с системой распределенного ввода-вывода . Система распределенного ввода/вывода включает в себя:

- Модули S7-400, установленные в монтажные стойки S7-400, удаленные от базового блока на расстояние на максимальное расстояние 300 м.
- Станции распределенного ввода-вывода и приборы полевого уровня, подключаемые к контроллеру через сеть PROFIBUS-DP.

Станции распределенного ввода-вывода выполнены на базе семейства ET-200M, связаны с контроллером через сеть PROFIBUS-DP, как “master-slave”. В сети PROFIBUS DP станция ET 200M выполняет функции ведомого DP устройства. Обмен данными с ведущим DP устройством способен поддерживаться со скоростью до 12 Мбит/с.

Монтаж модулей станции должна выполняться с использованием активных шинных соединителей. Этот тип установки обеспечивает возможность подключения станции к резервированным каналам сети PROFIBUS DP. Кроме того, этот тип монтажа используется для горячего резервирования модулей станции. Монтаж должен осуществляться с использованием профильных шин ET 200M, на которых установлены активные шинные соединители, для формирования внутренней шины станции. Активные шинные соединители также могут обеспечить подключение интерфейсных и других модулей станции. Структурная схема системы автоматизации представлена на рисунке 20.

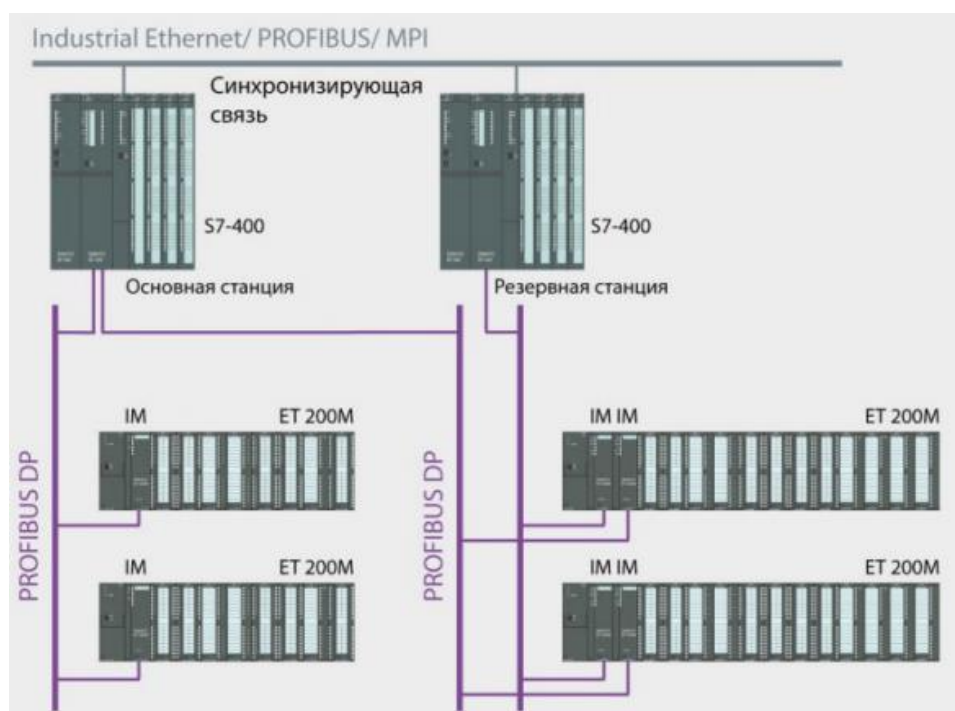


Рисунок 20 – структурная схема системы автоматизации.

Таким образом для автоматизации участка линии нам необходимо выбрать только дублированную станцию распределенного ввода-вывода и приборы полевого уровня. Станцию распределенного ввода-вывода выберем аналогичную станциям проекта семейство ET-200M, тип связного модуля IM-153-1, питание +24В датчиков будет производиться с внешнего источника питания.

Далее перейдем к выбору приборов полевого уровня. Датчики необходимо выбрать с питанием +24В, для унификации всей системы. Также по возможности дискретные датчики необходимо выбрать с трехпроводной схемой подключения, т.е. два питающих провода и один сигнальный.

Определим оптические датчики:

- K91-B101 – датчик наличия упаковки в начале линии;
- K91-B102 – датчик наличия упаковки в конце линии;
- K92-B101 – датчик наличия 4 упаковки слоя;
- K92-B102 – датчик наличия 3 упаковки слоя;
- K92-B103 – датчик наличия 2 упаковки слоя;
- K92-B104 – датчик наличия 1 упаковки слоя;

- K93-B101 – датчик максимальной высоты штабеля;
- K92-B102 – датчик наличия палеты в зоне формирования;
- K93-B103 – датчик 1 наличия палеты в зоне отгрузки;
- K93-B104 – датчик 2 наличия палеты в зоне отгрузки.

Итого десять датчиков. Фотоэлектрический датчик - тип устройства, предназначенного для позиционирования объекта. Датчики используют модулированный луч света, который прерывается или отражается от цели. Выберем датчики рассеянного луча (диффузионные). В диффузионных датчиках излучатель и приемник расположены в одном корпусе. Свет, исходящий от излучателя, достигает цели и отражается от её поверхности под разными углами. Если приемник получает достаточное количество отраженных лучей, датчик изменит свое выходное состояние, другими словами, он сработает. Если отраженные лучи не возвращаются в приемник, состояние выхода останется неизменным. Такое решение является наиболее экономичным и простым в установке (их стоимость ниже стоимости других фотоэлектрических устройств). В датчиках этой конструкции излучатель расположен перпендикулярно плоскости объекта, а приемник установлен под углом для фиксации рассеянного излучения. Таким образом, только небольшая часть луча достигает приемника, поэтому максимальный рабочий диапазон таких датчиков составляет 4 метра.

Выберем диффузионные датчики производства фирмы SICK семейства W9-3, этот выбор основан на технико-экономических показателях датчиков, а также для унификации полевого оборудования линии производства ламината. Основываясь на данных каталога фирмы SICK выберем WL9-3P3432 [7]. Схема включения и общий вид представлены на рисунке 21. Технические характеристики приведены в таблице 3.

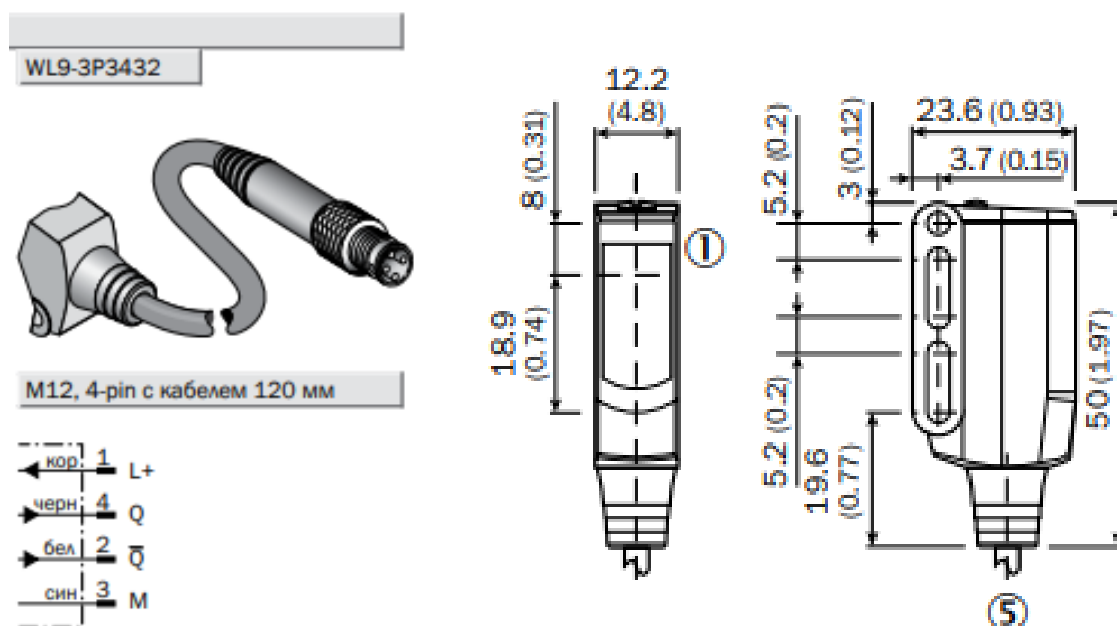


Рисунок 21 – Схема включения и общий вид

Таблица 3 – Технические характеристики WL9-3P3432

Принцип датчика/обнаружения	Датчик с отражением от рефлектора, Автоколлимация
Размеры (Ш x В x Г)	12,2 mm x 50 mm x 23,6 mm
Форма корпуса (выход света)	Прямоугольный
Схема расположения отверстий	M3
Дистанция работы, макс.	0 m ... 5 m 1)
Расстояние срабатывания	0 m ... 3 m 1)
Вид излучения	Видимый красный свет
ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ	Светодиод PinPoint 2)
Размеры светового пятна (расстояние)	Ø 45 mm (1,5 m)
Длина волны	650 nm
Настройка	Кнопка настройки

Определим индуктивные датчики:

- K92-B102 – датчик крайнего нижнего положения;
- K93-B103 – реле давления разряжения;
- K93-B104 – датчик крайнего верхнего положения;
- K93-B201 – датчик «домашней» позиции;
- K93-B202 – датчик позиции разгрузки.

Итого 5 датчиков. Индуктивные датчики работают по принципу работы трансформатора. Выберем датчики производства фирмы SICK семейства IME, этот выбор основан на технико-экономических показателях датчиков, а также для унификации полевого оборудования линии производства ламината. Основываясь на данных каталога фирмы SICK выберем IME12-10NPSZC0S [7]. Схема включения и общий вид представлены на рисунке 22. Технические характеристики приведены в таблице 4.

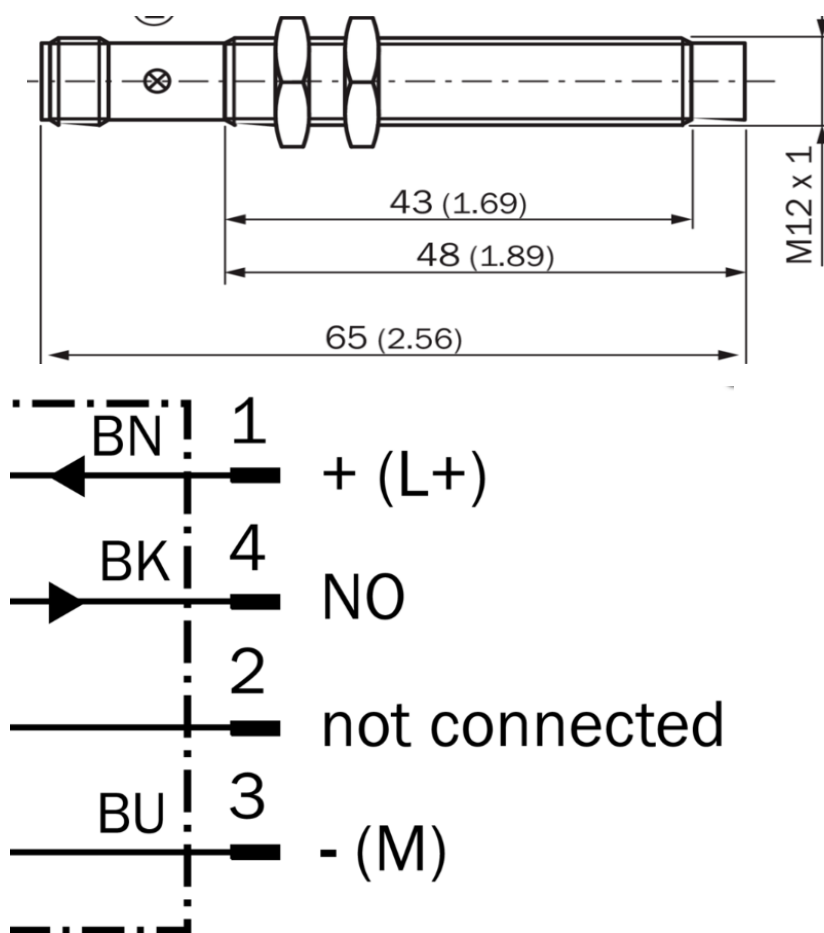


Рисунок 22 – Схема включения и общий вид.

Таблица 4 - Технические характеристики IME12-10NPSZC0S

Тип корпуса	Цилиндрический с резьбой
Конструкция корпуса	Стандарт
Размер резьбы	M12 x 1
Диаметр	Ø 12 mm
Расстояние срабатывания Sn	10 mm
Расстояние срабатывания обеспечено Sa	8,1 mm
Монтаж	С выступающей частью
Частота переключения	400 Hz
Вид подключения	Разъем M12, 4-конт.
Переключающий выход	PNP
Функция выхода	Нормально открытый
Электрическое исполнение	Пост. ток, 3-проводный
Тип защиты	IP67 1)
Особые свойства	Тройное расстояние срабатывания

K92-B105 – датчик крайнего положения штока пневмоцилиндра, выберем MZT8-03VPS-KU0 технические характеристики представлены в таблице [7]. Принцип действия основан на изменении тока в проводнике при введении его в магнитное поле. Технические характеристики приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики MZT8-03VPS-KU0

Цилиндрический корпус	Т-образный паз
Цилиндрические корпуса с адаптером	Цилиндр с профилированным штоком
	Цилиндр с затянутым на поршень штоком
	Круглый цилиндр
	Цилиндр с пазом в виде ласточкина хвоста
	SMC-шина CDQ2
	SMC-шина ECDQ2
Длина корпуса	24 mm
Переключающий выход	PNP
Частота переключения	1.000 Hz
Функция выхода	Нормально открытый
Электрическое исполнение	Пост. ток, 3-проводный
Тип защиты	IP68 1)
	IP69K 2)

Реле давления разряжения K93-B103, выберем PBS2-CB1X6SG1SSDLMA0Z [7]. Мембранный датчик с тензорезистором и мостовой схемой измерения, имеет 2 дискретных выхода NO и NC. Технические характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики PBS2-CB1X6SG1SSDLMA0Z

Среда	Жидкая, газообразная
Тип давления:	Вакуум
Единица измерения давления	bar
Диапазон измерения	–1 bar ... 0,6 bar, –14,5 psi ... 9 psi
Рабочая температура	–20 °C ... +85 °C
Коррекция нулевой точки	Макс. + 3 % интервала

Продолжение таблицы 6.

Выходной сигнал	IO-Link/PNP/NPN + PNP/NPN
Поворот корпуса	Дисплей по отношению к корпусу с электрическим разъемом: 330°
	Корпус по отношению к технологическому соединению: 320°
Дисплей	14-сегментный светодиод, красного цвета, 4-разрядный, высота цифр 9 мм, электронный поворот на 180°
	Обновление: 1000, 500, 200, 100 мс (программируется)

К93-B101 – датчик установки скорости опускания, представляет собой механический концевой выключатель с роликовым чувствительным элементом. Выберем выключатель концевой ВК-300-БР-11-67У2-21 IP67 IEK [8]. Технические характеристики приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические характеристики PBS2-CB1X6SG1SSDLMA0Z

Производитель, серия	ВК-300-БР-11-67У2-21 IP67 IEK
Тип товара	Выключатель/переключатель концевой
Тип элемента управления	Рычаг с роликом
Материал корпуса	Металл
Тип подключения	
Количество нормально разомкнутых (НО) контактов	1
Количество нормально замкнутых (НЗ) контактов	1
Степень защиты IP	IP67

Все кнопки запуска двигателей приводов и индикаторы работы производить кнопкой МТВ2-ЕА1 с основанием МТВ2-ЕЗ11 и NO контактом [8]. Кнопки аварийного останова выполняются посредством головки кнопок управления с грибовидным толкателем и возврат поворотом, красным МТВ2-Е54 [8].

Изменение частоты приводов производиться будет производиться ПЧ фирмы ESQ, ввиду своей компактности и веса выберем тип ESQ-A500 [9]. Выбор также осуществлен по предпочтениям заказчика.

Особенности и возможности данного типа ПЧ:

- Напряжение: 1ф/3ф x220В, 3ф x380В, мощность: 0.4-5.5кВт;
- Выходная частота: 0.01~650Гц, точность задания 0.01Гц;
- Разрешение аналоговых входов: 1/1000;
- Увеличение пускового момента до 180 % с 3 Гц.;
- Перегрузочная способность: 150% в течение 60сек, 200% в течение 1 сек.;
- Мягкая ШИМ: 1-15 кГц;
- Перегрузочная способность в 150% от номинального тока в течение одной минуты;
- RS-485 по протоколу Modbus с удобно размещенным портом;
- Крепление на DIN-рейку и компактные размеры;
- Встроенный потенциометр;
- Встроенный RFI входной фильтр;
- ПИД-регулятор со спящим режимом и защитой от сухого хода;
- Поддержка многоскоростного режима;
- Встроенный тормозной прерыватель (от 2,2 кВт);
- Допускают плотную установку преобразователей частоты (стенка к стенке);
- Крепление винтами и на DIN-рейку;
- Поворотный задатчик скорости и параметров на панели управления;
- Быстрозажимные пружинные клеммы управления;
- Встроенный тормозной прерыватель, от 2,2Квт;
- Опциональная выносная панель управления.

7 Разработка принципиальной электрической схемы

В ходе выполнения дипломной работы была спроектирована принципиальная электрическая схема. Произведем описание данной схемы. На первом листе чертежа ФЮРА.42100.001 ЭЗ “Роликовый транспортер К-91” изображено подключение привода роликового транспортера К91-М01 посредством преобразователя частоты К91-Г01 расположенном в шкафу К-Ф03. К91-Q01 – вводной автоматический выключатель питания имеющий дополнительный блок контактов для индикации состояния автоматического выключателя, расположены в шкафу К-Ф03. К02-КМ01.91 – пусковой контактор обеспечивающий безопасность линии, т.е. при срабатывании кнопки контура безопасности К02-КМ01.91 размыкается и на вводе ПЧ К91-Г01 отсутствует питающее напряжение, расположены в шкафу К-Ф03. Входа ПЧ:

- 5/SD – 0VDC при использовании источника ПЧ 24В;
- STR – дискретный вход задания реверсивного движения;
- STF – дискретный вход задания прямого движения;
- M0 – скорость 1;
- M1 – скорость 2;
- РС – 24V подключенный к внешнему источнику питания, в соответствии со схемой подключения[7].

Модуля дискретных вводов и выводов также расположены в шкафу К-Ф03. Также на листе 1 изображены оптические датчики К91-В101 и К91-В102. Подключение датчиков трехпроводное, клемные точки 601 и 602 являются шиной питания +24В. Подключение датчиков идет через клемную коробку К91-Л9110.

На втором листе изображена схема подключения дополнительных контактов автоматического выключателя К91-Q01, температурного реле перегрева двигателя К91-В01, кнопки ручного пуска транспортера К91-С01 и

индикатора состояния привода K91-H01, кнопка и индикатор расположены на двери шкафа K-F03.

На первом листе чертежа ФЮРА.42100.002 ЭЗ “Стол формирования слоя K-92” изображено подключение привода тракового транспортера K92-M01 прямым пуском посредством пускателей K92-KM01F – для движения вперед, K92-KM01R – для движения назад. K92-Q01 – вводной автоматический выключатель питания имеющий дополнительный блок контактов для индикации состояния автоматического выключателя, расположены в шкафу K-F03. K02-KM01.92 – пусковой контактор обеспечивающий безопасность линии.

Модуля дискретных вводов и выводов также расположены в шкафу K-F03. Также на листе 1 изображены оптические датчики K92-B101, K92-B102, K92-B103, K92-B104. Подключение датчиков трехпроводное, клемные точки 601 и 602 являются шиной питания +24В.

На втором листе изображена схема подключения дополнительных контактов автоматического выключателя K92-Q01, температурного реле перегрева двигателя K92-B01, кнопки ручного пуска транспортера K92-S01.F – для прямого и K92-S01.R – для обратного пуска, индикаторы направления движения привода K91-H01.F и K91-H01.R и две катушки пускателей K92-KM01F – для движения вперед, K92-KM01R – для движения назад.

На первом листе чертежа ФЮРА.42100.003 ЭЗ “Манипулятор K-93” изображено подключение привода поднятия вакуумной системы присосок K93-M01 осуществляемая посредством преобразователя частоты K93-G01. K93-Q01 – вводной автоматический выключатель питания имеющий дополнительный блок контактов для индикации состояния автоматического выключателя, расположены в шкафу K-F03. K02-KM01.93 – пусковой контактор обеспечивающий безопасность линии.

Модуля дискретных вводов-выводов также расположены в шкафу K-F03. Также на листе 1 изображены кнопки ручного пуска привода поднятия

K93-S01.F – для прямого и K93-S01.R – для обратного пуска, индикаторы направления движения привода K93-H01.F и K93-H01.R.

На втором листе изображена схема подключения дополнительных контактов автоматического выключателя K93-Q01, температурного реле перегрева двигателя K93-B01, индуктивного датчика K93-B102 и механического концевого выключателя K93-B101. Подключение датчиков производится в шкафу K-L9300 расположенном на раме манипулятора.

Третий лист ФЮРА.42100.003 ЭЗ включает в себя схему подключения вакуумного насоса K93-M02 посредством пускового контактора K93-KM02 расположенного в шкафу K-F03. На схеме изображены кнопка запуска насоса K93-S02, индикатор состояния насоса K93-H02 и катушка пускового контактора K93-KM02 расключение которых производится в шкафу K-F03. Также на этом листе изображено расключение датчика K93-B103 и пневмораспределителя K93-Y01, необходимого для сброса набранного вакуума, в шкафу K-L9300 расположенного на раме манипулятора.

Четвертый лист ФЮРА.42100.003 ЭЗ включает в себя схему подключения привода движения рамы K93-M03 посредством частотного преобразователя K93-G03 расположенного в шкафу K-F03. На схеме изображены кнопка ручного пуска привода движения K93-S03.F – для прямого и K93-S03.R – для обратного пуска, , индикаторы направления движения привода K93-H03.F и K93-H03.R расключение которых производится в шкафу K-F03. Также на этом листе изображено расключение автоматического выключателя K93-Q03 и пускового контактора безопасности K02-KM03.93.

Пятый последний лист ФЮРА.42100.003 ЭЗ включает в себя схему расключения дополнительных контактов автоматического выключателя K93-Q03 и термореле двигателя привода K93-B03, расключение производится в шкафу K-F03. Также на этом листе изображена схема расключения датчиков крайних положений манипулятора K93-B201 и K93-B202 в шкафу K-L9300.

На первом листе чертежа ФЮРА.42100.004 ЭЗ “Роликовый транспортер К-94” изображено подключение привода роликового

транспортера K94-M01 осуществляемая посредством преобразователя частоты K94-G01. K94-Q01 – вводной автоматический выключатель питания имеющий дополнительный блок контактов для индикации состояния автоматического выключателя, расположены в шкафу K-F03. K02-KM01.94 – пусковой контактор обеспечивающий безопасность линии. На схеме изображены кнопка ручного пуска привода движения K94-S01.F – для прямого и K94-S01.R – для обратного пуска, , индикаторы направления движения привода K94-H01.F и K94-H01.R расключение которых производится в шкафу K-F03.

На втором листе изображена схема подключения дополнительных контактов автоматического выключателя K94-Q01, температурного реле перегрева двигателя K94-B01. Подключение датчиков K94-B101, K94-B102, K94-B103 производится в клемной коробке K-L9300 расположенной в непосредственной близости от транспортера.

Для составления управляющей программы нам необходимо определиться с входными и выходными сигналами, определить их назначение в теле программы для этого составим таблицу входных/выходных сигналов. Назначение адресов входных и выходных сигналов осуществлено с учетом адресации используемой в текущей программе, а также с учетом существующих схем. Таблица назначения адресов сигналов приведена в Приложении А.

Общее количество дискретных входов разрабатываемой системы равно 34 из них 6 распределены на стойку K93-A100, а 28 на стойку K90-A100. Один модуль дискретного ввода 6ES7-321-1BL00-0AA0, какие установлены в шкафу F03, включает 32 канала, соответственно в шкаф K-F03 необходимо дополнительно установить модуль 6ES7-321-1BL00-0AA0 в стойку K90-A100. Общее количество дискретных выходов равно 30, из них 2 дискретных сигнала приходят на стойку K93-A100 установленную по месту, соответственно в шкаф K-F03 приходит 28 сигналов. Выберем модуль DO32xDC24V/0.5A

заказной номер 6ES7-332-1BL00-0AA0 какие установлены в шкафу F03, включает 32 канала следовательно 4 сигнала резервные.

Для шкафа K-L9300 выберем систему распределенного ввода-вывода ET-200M. Система включает в себя блок питания Ps-30x, интерфейсный модуль IM153-1, сигнальный модуль и активный шинный соединитель Bm 2x40. Выберем стабилизированный блок питания PS 305 с входным постоянным напряжением 24В DC, с выходными напряжением 24В DC и током до 6А заказной номер 6ES7305-1BA80-0AA0. Модуль связи с контроллером выберем IM153-1 заказной номер 6ES7153-1AA030-0XB0. Для управления и контроля сигналов выберем модуль ввода-вывода типа SM 323 заказной номер 6ES7323-1BL00-0AA0, имеющий 16 дискретных входов 24В DC и 16 дискретных выходов 24В DC 0,5А суммарный выходной ток 4А. Активный шинный соединитель выберем типа SIPLUS BM 2x40 заказной номер 6AG1 195-7HB00-7XA0.

Выбранные модуля необходимо сконфигурировать в управляющей программе контроллера, назначить входные и выходные адреса битов а также назначить номер корзины и адрес в сети PROFIBUS-DP. Адреса входных дискретных сигналов с 216.0 по 218.2 включительно бит, в соответствии с используемыми на данный момент в программе входными адресами. Адреса выходных дискретных сигналов с 216.0 по 218.2 включительно бит, в соответствии с используемыми на данный момент в программе выходными адресами. Адрес корзины в сети PROFIBUS-DP назначим 39, т.к. последняя корзина используемая в системе имеет адрес 38. Адрес сети PROFIBUS-DP назначается в программе HW-Config и также задается положением перемычек на модуле. Адрес диагностики корзины назначается автоматически программой HW-Config.

8 Создание управляющей программы

Внутри тела программы в папке “Blocks” создадим новую функцию FC9100. Выбор функции обоснован тем что будут использоваться как глобальные так и локальные переменные. Алгоритм управления приводами столов K91-K94, формирование ошибок, обработка входящих/выходящих сигналов будет производиться в этой функции. Параметры функции изображены на рисунке 21.

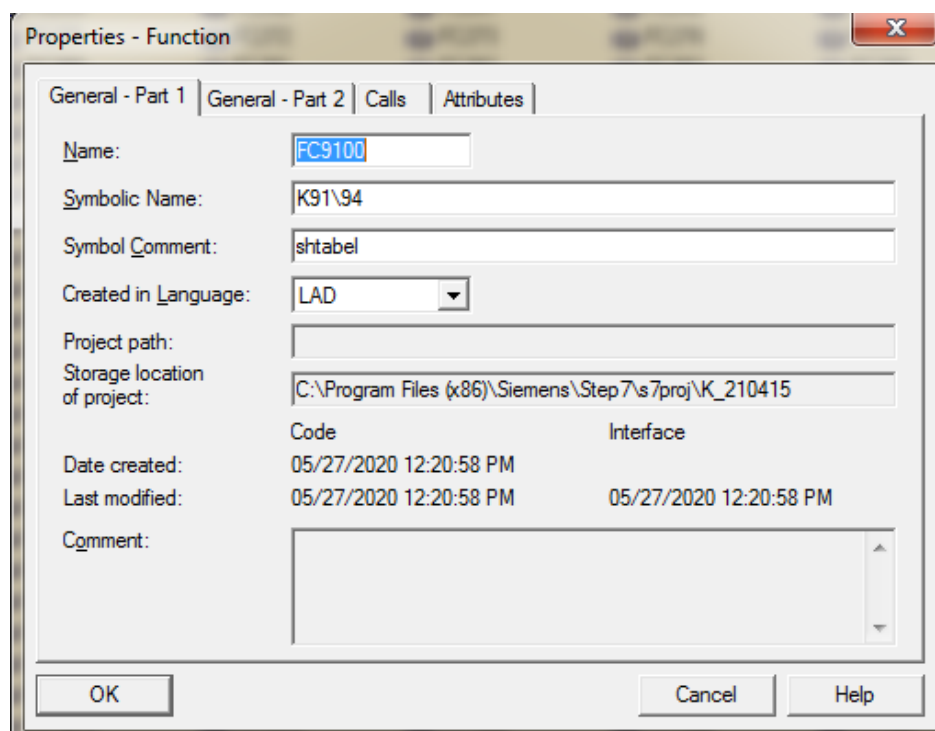


Рисунок 21 – Параметры функции FC9100

Также был создан архив данных DB2003, для хранения данных о процессе и использовании данных для управления процессом. В архиве данных сразу зарезервировали 30 переменных типа DINT, с адресами DB2003.DBD0 – DB2003.DBD116 и емкостью 4 байта каждый, и 105 битовых переменных типа BOOL, с адресами DB2003.DBX120.0 - DB2003.DBX135.6. Параметры архива данных представлены на рисунке 22.

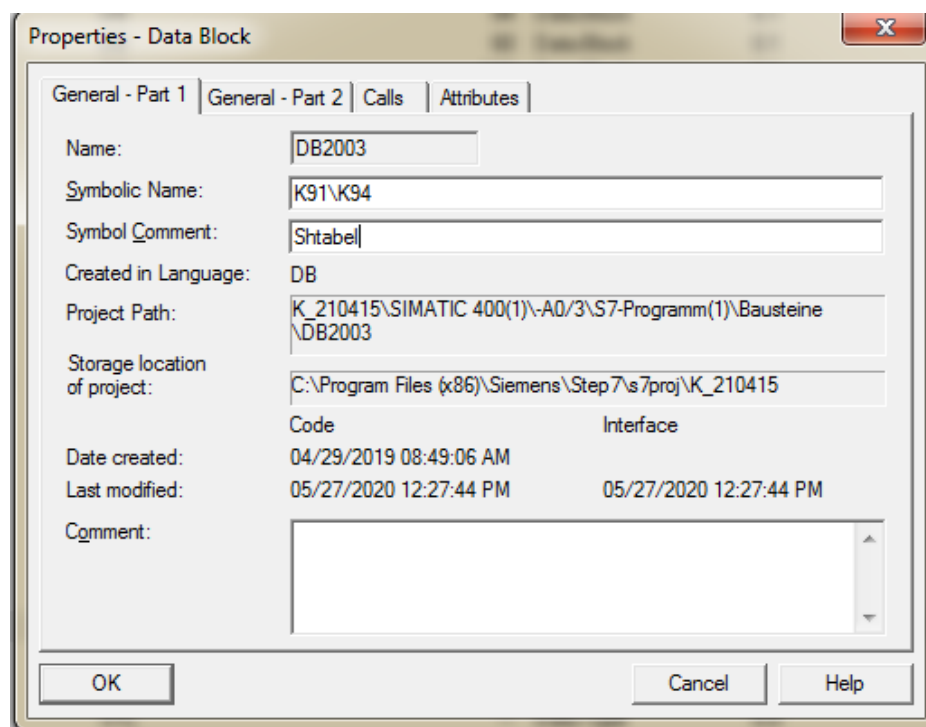


Рисунок 22 – Параметры архива данных DB2003

Далее создадим управляющую программу в функции FC9100. Управляющая программа написана на языке МЭК 6-1131/3 – Logic Diagram (LD), в соответствии с основным телом программы. При проведении пуско-наладочных работ и ввода участка в эксплуатацию необходимо произвести вызов функции FC9100 в блоке OB1. Дополнительных блоков прерывания для вводимой функции FC9100 не нужно. Также при вводе в эксплуатацию необходима полная запись проекта в программируемый контроллер.

При написании программы были использованы заимствования из других функций в виде дополнительных битов состояния системы:

- m0.0 – бит с RLO всегда 0;
- m0.1 – бит с RLO всегда 1;
- T1017T1017 =KDelayStart "K.03" – задержка включения системы;
- M345.0M345.0 =K.02+P1-S 576_reset_ faults "K.02+P1-S576" – бит квитирования ошибок;
- M21.2M21.2 =K.02+P1-S 216_Man "K.02+P" – бит включения ручного режима линии;

– M21.3M21.3 =K.02+P1-S 215_Auto "=K.02+P1-S215" – бит включения автоматического режима линии.

Network1 – Network10 использованы для формирования ошибок на разрабатываемом участке по срабатыванию автоматических выключателей и термореле двигателей. Network11 – Network12 использованы для формирования общей ошибки используемой при управлении приводами, а также для передачи на другие участки и их аварийном отключении. Network13 используется для формирования таймера задержки отключения привода K91-M01, для довода упаковки до упоров. Network14 используется для формирования бита управления запуска привода K91-M01 как в ручном так и в автоматическом режиме. Network15 – используется для формирования бита управления клапаном K92-Y01 на поднятие, поднятие и опускание клапана возможно только в автоматическом режиме. Network16 – используется для формирования бита управления клапаном K92-Y01 на опускание. Network17 – используется для формирования бита таймера остановки привода K92-M01. Network18 – используется для формирования бита управления привода K93-M01 в ручном режиме в прямом направлении. Network19 – используется для формирования бита управления привода K93-M01 в автоматическом режиме в прямом направлении. Network20 – используется для формирования бита управления привода K93-M01 в ручном режиме в обратном направлении. Network21 – используется для формирования бита управления скоростью привода K93-M01. Network22 – используется для формирования бита управления привода K93-M01 в автоматическом режиме в обратном направлении. Network23 – используется для формирования бита управления привода K93-M02 в автоматическом режиме на поднятие опускание. Network24 – используется для формирования бита управления насоса K93-M02. Network25 – используется для формирования бита управления насоса K93-M02 в ручном режиме. Network26 – используется для формирования бита управления привода K93-M03 в автоматическом режиме в обоих направлениях. Network27 – используется для формирования бита управления

привода K93-M03 в ручном режиме на поднятие а Network28 – опускание. Network29 – используется для формирования бита управления привода K94-M01 в автоматическом режиме. Network30 – используется для формирования бита управления скоростью привода K94-M01 в автоматическом режиме. Network31 – используется для формирования бита управления привода K94-M01 в ручном режиме в обоих направлениях в прямом направлении. Network32 – используется для формирования бита управления привода K94-M01 в ручном режиме в обоих направлениях в обратном направлении. Тело программы представлено в приложении Б.

9 Расчет вакуумной системы

Вакуумное оборудование и системы предназначены для создания разреженного давления воздуха, распределения его потока, а также для использования в качестве движущей среды по аналогии со сжатым воздухом. Системы этого типа обычно используются в автоматизированных сборочных линиях для перемещения продуктов в различных диапазонах: от малогабаритных электронных компонентов до крупно-габаритных плит. Системы также используются для транспортировки или удержания продуктов в определенной позиции.

Под вакуумом подразумевается область, свободная от окружающей атмосферы (давление в которой ниже атмосферного). Вакуум измеряется в Торах или в стандарте СИ в барах и Паскалях.

Величина вакуума (или уровень разрежения) $P_{\text{вак}}$ определяется как $P_{\text{вак}} = P - P_{\text{атм}}$, где P - абсолютное давление, $P_{\text{атм}}$ - атмосферное давление. Таким образом, значение вакуума является отрицательным и лежит в диапазоне от минус 103,3 кПа до 0 кПа.

Существует два основных метода создания вакуума: использование вакуумного насоса, который откачивает воздух из резервуара, или использование эжекторов, которые создают вакуум благодаря кинетической энергии сжатого воздуха.

Несмотря на то, что создание вакуума с помощью вакуумного насоса объемного типа является относительно дорогим, этот метод все еще используется для создания глубокого вакуума в больших объемах. В большинстве случаев вакуум создается с помощью эжекторов, поскольку этот метод дешевле.

При проектировании вакуумных систем необходимо учитывать следующее:

1. При выборе между одной присоской большого диаметра и эквивалентными присосками для нескольких присосок небольшого диаметра, предпочтение следует отдавать маленьким присоскам, чтобы увеличить мощность всасывания до максимально широкой области.
2. Не допускать выхода края присоски за края изделия.
3. Используйте многоступенчатые присоски, чтобы предотвратить ослабление силы всасывания при подъеме.
4. Сократите время, необходимое для достижения рабочего вакуума, уменьшив длину соединительных труб между эжектором и присоской.
5. Минимизируйте диаметр соединительных труб, уменьшите сопротивление потоку, утечку и время, необходимое для создания вакуума.
6. Используйте и правильно обслуживайте существующие фильтры, поскольку эффективная фильтрация предотвращает загрязнение эжекторов твердыми частицами и маслом. Для эффективной работы эжектора он должен быть защищен фильтрами в напорных и вакуумных линиях

Схема разрабатываемой системы создания вакуума представлена на рисунке 23.

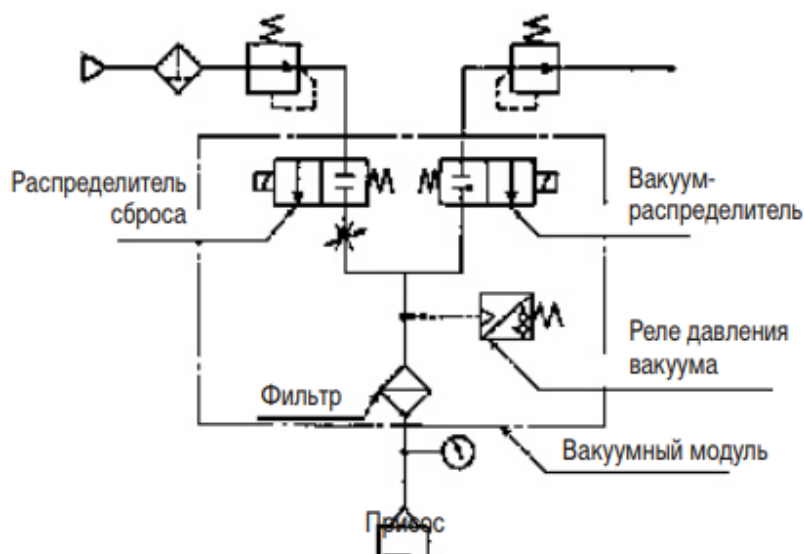


Рисунок 23 – Схема создания вакуума

При использовании круглой присоски ее диаметр определяется основываясь на расчетах величины подъемной силы. Расчетное значение должно быть использовано как рекомендуемое и подтверждено, в случае необходимости, экспериментально. При расчете подъемного усилия необходимо учитывать вес изделия, силы, действующие на него в процессе движения (в момент подъема, остановки, переноса и др.).

Теоретическая подъемная сила (без учета коэффициента безопасности) находится при заданных значениях диаметра присоски и уровня вакуума. Требуемая подъемная сила может быть затем определена с учетом коэффициента безопасности.

Необходимо рассчитать силу приложенную к присоскам. Сила будет равной весу приложенному к присоскам. По второму закону Ньютона сила рассчитывается как произведение массы тела на его ускорение (модуль ускорения примем равной 0,2 для всех ПЧ) (17):

$$F = m * a, \quad (17)$$

Вес тела в спокойствии равен в соответствии с формулой (18):

$$P = m * g, \quad (18)$$

Таким образом рассмотрим три возможных состояния системы вакуумных присосок со слоем упаковок. Первый возможный вариант при поднятии слоя упаковок со стола K92. В данном случае вектор ускорения свободного падения будет противоположен ускорению системы присосок. Общая сила действующая на присоски вычисляется по формуле (19):

$$F = m(g - a) = 15.2 * (9.8 - 0.2) = 145.92 \text{ Н}, \quad (19)$$

Второй вариант движения вакуумной системы это – слой упаковок поднят вверх и манипулятор движется в горизонтальном направлении. В данном случае вектор ускорения свободного падения перпендикулярен вектору движения системы, а общая сила действующая на присоски вычисляется по формуле (20):

$$F = m\sqrt{g^2 + a^2} = 15.2\sqrt{9.8^2 + 0.2^2} = 148.99, \quad (20)$$

Третий вариант движения вакуумной системы это – слой упаковок опускается вниз. В данном случае вектор ускорения свободного направлен параллельно вектору движения системы, а общая сила действующая на присоски вычисляется по формуле (21):

$$F = m(g + a) = 15.2 * (9.8 + 0.2) = 152 \text{ Н}, \quad (21)$$

Таким образом максимальная величина силы действующей на присоски достигается при движении системы вакуумных присосок вниз. Выберем коэффициент запаса равный 1,1. Общая сила действующая на присоски вычисляется по формуле (22):

$$F = 1,1F_{\text{расчет}} = 1.1 * 152 = 167.2 \text{ Н}, \quad (22)$$

Определение диаметра присоски с учетом заданного значения подъемной силы производится по формуле (23):

$$D = \sqrt{\frac{4*10Ft}{pn}}, \quad (23)$$

где F – общая сила действующая на присоски (Н);

t – коэффициент безопасности при работе горизонтально расположенной присоске равен 4;

p – уровень разряжения (кПа);

n – количество присосок.

Уровень разряжения вакуумного насоса примем равным -100кПа будем использовать вакуумный насос вихревого типа CL 30-Z-HS-04 36м³/ч 0,4кВт. Количество присосок примем равное двум. Определим диаметр по формуле (24):

$$D = \sqrt{\frac{4*10*167,2*4}{100*1000*2}} = 42.2\text{мм}, \quad (24)$$

Ширина упаковки ламината составляет 195мм. Примем диаметр присоски равным 70мм исходя из заказных типовых размеров[10]. Для

выбранного диаметра рассчитаем подъемную силу определяемую по формуле (25):

$$F = \frac{pS}{t}, \quad (25)$$

где S – площадь присоски (мм^2) равная (26):

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 70^2}{4} = 3846.5 \text{ мм}^2, \quad (26)$$

Подъемная сила двух присосок равна (27):

$$F = 2 \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 3846.5}{4 \cdot 10^6} = 192.325 \text{ Н}, \quad (27)$$

Приближенное значение продолжительности откачки, то есть времени, необходимого для достижения под присоской установившегося уровня разрежения, требуемого для присасывания после включения/выключения распределителя, получим расчетным путем. На рисунке 24 изображен переходный процесс изменения уровня вакуума.

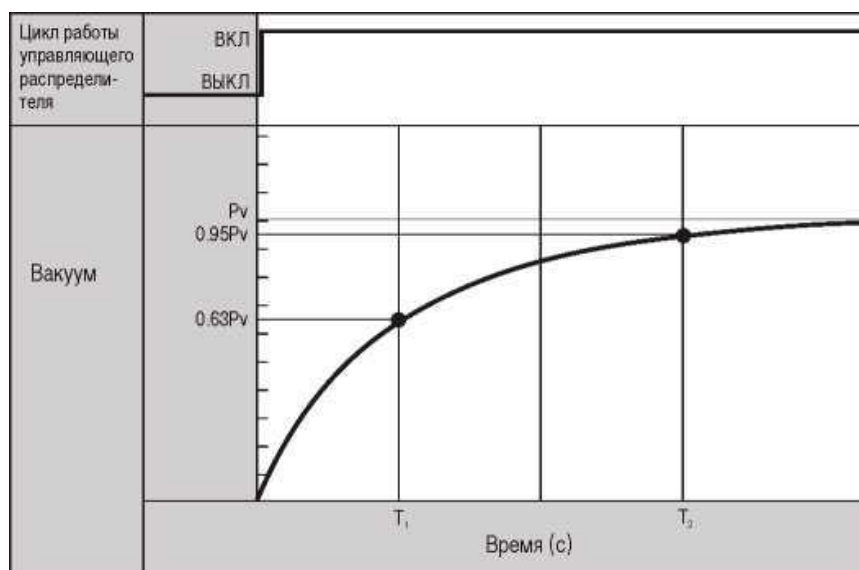


Рисунок 24 – Переходный процесс изменения уровня вакуума под присоской при переключении вакуумраспределителя

Постоянные времени T_1 , и T_2 могут быть получены по формулам, приведенным ниже:

$$T_1 = \frac{60V}{Q}, \quad (28)$$

$$T_2 = 3T_1, \quad (29)$$

где Q – номинальный расход вакуумного насоса ($\text{м}^3/\text{с}$);

V – объем вакуумпровода на участке от вакуумраспределителя до присоски (м^3).

Переведем номинальный расход вакуумного насоса из $\text{м}^3/\text{ч}$ в $\text{м}^3/\text{с}$ по формуле (30):

$$Q = \frac{Q_{\text{ном}}}{3600} = 0.01 \text{ м}^3, \quad (30)$$

Объем вакуумпровода состоит из объема внутренней полости четырех держателей присосок и пневмошланга соединяющего вакуумраспределитель и держатели. Пневмошланг выберем с внутренним диаметром 4мм, длиной 700мм исходя из размеров рамы манипулятора. Общие габариты держателя имеющего квадратный профиль 10x10x1000 учитывая толщину стенки 1мм рассчитаем по формуле (31):

$$\begin{aligned} V &= L_{\text{шланг}} \frac{\pi D^2}{4} + 4bhL_{\text{держак}} = 700 \frac{3.14 \cdot 4^2}{4} + 4 \cdot 9 \cdot 9 \cdot 999 = \\ &= 332648 \text{ мм}^3 = 0.0033 \text{ м}^3, \end{aligned} \quad (31)$$

Постоянные времени T_1 , и T_2 :

$$T_1 = \frac{60 \cdot 0.0033}{0.01} = 1.99 \text{ с}, \quad (32)$$

$$T_2 = 3 \cdot 1.99 = 5.98 \text{ с}, \quad (33)$$

Уровень утечек через эффективную рабочую поверхность определяется по формуле (34):

$$Q_L = \frac{0.0111 \cdot S}{1000 \cdot 60} = 0.00071 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (34)$$

Величина среднего расхода определяется по формуле (35):

$$Q_{\text{ср}} = \frac{V}{T_1} + Q_L = \frac{0.0033}{1.99} + 0.00071 = 0.00236 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (35)$$

Величина максимального расхода определяется по формуле (36):

$$Q_{\text{макс}} = (2..3)Q_{\text{ср}} = 0.00474 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (36)$$

Вакуумраспределитель выбирается исходя из значения эффективной площади, которая должна быть не меньше следующего значения (37):

$$S = \frac{Q_{\text{макс}}}{11.1} = \frac{0.00474}{11.1} = 0.000427 \text{ м}^2, \quad (37)$$

10 Социальная ответственность

10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

10.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. В условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти– или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырехбригадный график сменности. При этом ежесуточно работают две бригады, каждая в своей смене, а две бригады отдыхают. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов [11].

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

10.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

10.1.2.1 Эргономические требования к рабочему месту



Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне «а»(в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г»/«д»;
- «мышь» – в зоне «в»;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «в», «б». В зоне «а» в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература [12].

10.1.2.2 Окраска и коэффициенты отражения

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

- окна ориентированы на юг – стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета, пол – зеленый;
- окна ориентированы на север – стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета, пол – красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток – стены желто-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на запад – стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый [2].

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60–70, для стен 40–50, для пола около 30.

10.2 Производственная безопасность

Проанализируем разработанную систему автоматизации с точки зрения наличия или возможного возникновения опасных и вредных факторов, а также их влияния на работников.

Расположение пунктов управления в каждом конкретном случае определяется с учетом характеристик технологического процесса, норм и требований пожарной безопасности строительных конструкций, планировки и строительных решений, удобства управления автоматизированным объектом и простоты обслуживания система.

При разработке защитных мер от выявленных вредных производственных факторов необходимо описать применяемые защитные меры с учетом требований нормативных документов.

Рассмотрим вопросы, связанные с условиями труда и охраной труда на производстве, которые характеризуются не только трудовыми процессами, но и окружающей санитарно-гигиенической обстановкой. Одной из основных задач охраны труда является обеспечение человеческого труда, т.е. создание

таких условий, при которых исключается подверженность воздействию опасных вредных производственных факторов на работающих.

Поскольку рабочее место оператора находится в комнате, где есть силовые шкафы, средства связи и компьютерное оборудование, в этих помещениях может присутствовать ряд опасных и вредных факторов. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представим в виде таблицы 11.1.

Таблица 11.1 – Перечень опасных и вредных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96, ГОСТ 12.1.005
2. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-83, СН 3223-85.
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ
6. Опасность нанесения механической травмы	+			ГОСТ Р 54124-2010
7. Пожарная безопасность	+	+	+	НПБ 105-03, ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ, ПБ-12-245-00

10.2.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, определяется совместно температурой, относительной влажностью и скоростью воздуха, а также температурой окружающих поверхностей, воздействующих на организм человека (ГОСТ 12.1.005 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"). Требования данного государственного стандарта установлены для рабочих зон - помещений до 2 м над полом или платформой, на которых имеются места постоянного и временного пребывания работников.

Допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избыточного тепла, времени года и степени тяжести выполненных работ указаны в СанПиН 2.2.4.548–96 (таблица 11.2) [13].

Таблица 11.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах оператора

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
						Если $t^0 < t^0_{\text{опт}}$	Если $t^0 > t^0_{\text{опт}}$ "※"
Холодный	Iб	19,0	24,0	18,0 - 25,0	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	Iб	20,0	28,0	19,0 - 29,0	15 - 75 "※"	0,1	0,3

При температурах воздуха 26 - 28°С скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону:

- 0,1 - 0,2 м/с - при категории работ Ia;
- 0,1 - 0,3 м/с - при категории работ Iб;
- 0,2 - 0,4 м/с - при категории работ IIa;
- 0,2 - 0,5 м/с - при категории работ II и III.

10.2.2 Опасность, обусловленная шумами и вибрацией машин

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. Из-за шума работники испытывают более быстрое утомление, что приводит к снижению производительности на 10...15%, увеличению количества ошибок при выполнении операций трудового процесса и, следовательно, к повышенному риску получения травмы.

При длительном воздействии шума чувствительность слухового аппарата снижается, возникают патологические изменения в нервной и сердечно-сосудистой системах.

При гигиенической оценке шума измеряется его интенсивность (сила) и спектральный состав, определяется частотой включенных в него звуков. Интенсивность звука - это количество звуковой энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени и относящейся к единице площади поверхности, перпендикулярной направлению распространения волны.

Допустимые уровни шума на рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-83 и СН 3223-85 [14, 15].

Производственная вибрация, характеризующаяся значительной амплитудой и продолжительностью действия, вызывает у работников раздражительность, бессонницу, головную боль, ноющие боли в руках людей, имеющих дело с вибрирующим инструментом. Под влиянием общей вибрации изменения со стороны центральной нервной системы более выражены: появляются головокружение, шум в ушах, нарушение памяти, нарушение координации движений, вестибулярные расстройства, потеря веса.

Таблица 11.3 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999 г.)

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В помещениях цехового управленческого аппарата, рабочих комнатах, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Основные параметры вибрации: частота и амплитуда колебаний. Пороговая частота колебаний составляет 18 Гц, на более низкой частоте вибрация воспринимается как отдельные удары. Верхний порог частоты воспринимаемых колебаний находится на уровне 1500 Гц. При дальнейшем увеличении частоты вибрации возникает ощущение равномерного прикосновения определенной силы.

Допустимые уровни виброскорости по ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность [6]. Общие требования.» приведены в таблице 11.4.

Таблица 11.4 – Гигиенические нормы уровней виброскорости (ГОСТ 12.1.012–90) [25]

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Технологическая	—	108	99	93	92	92	92	—	—	—	—

10.2.3 Производственное освещение

В настоящее время существует три типа освещения - естественное, создаваемое светом неба (прямое и отраженное), искусственное, осуществляемое электрическими лампами, и комбинированное, при котором в дневное время, недостаточное по стандартам, естественное освещение дополняется искусственным. Естественное и искусственное освещение помещений регулируется СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и типа освещения, фона, контрастности объекта с фоном. Требования к освещению производственных помещений приведены в таблице 11.5.

Естественное освещение делится на боковое, осуществляется через световые проемы во внешних стенах; верхнее, проходящее через аэрационные и зенитные фонари, отверстия в потолках, а также через световые проемы в местах перепада высот смежных пролетов зданий; комбинированное, когда боковое освещение добавляется к верхнему освещению [7].

По своей конструкции искусственное освещение может быть двух систем - общего и комбинированного, когда к общему освещению добавляется местное освещение, концентрируя световой поток непосредственно на рабочем месте [7].

Общее освещение подразделяется на общее равномерное освещение (с равномерным распределением светового потока без учета местоположения оборудования) и общее локализованное освещение (с распределением светового потока с учетом местоположения рабочих мест). Использование одного местного освещения внутри зданий не допускается [7].

Функциональное назначение искусственного освещения подразделяется на следующие виды: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное [7].

Таблица 11.5 - Требования к освещению помещений

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Под разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение	Совмещенное освещение			
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	КЕО, e_n , %					
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении		
						всего	в том числе от общего							P	K_n , %
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000	200	500	40	15	-	-	3	1,2	
						1500	200	400	20	15					
			б	Малый	Средний	1000	200	300	40	15					
				Средний	Темный	750	200	200	20	15					
			в	Малый	Светлый	750	200	300	40	15					
				Большой	Темный	600	200	200	20	15					
			г	Средний	Светлый	400	200	200	40	15					
				Большой	«										
				«	Средний										

10.2.4 Опасность поражения электрическим током

Электробезопасность - это система организационных и технических мер и средств, которые защищают людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Наибольшая опасность в операторской может быть вызвана поражением электрическим током из-за замыкания электрической цепи через тело человека, то есть когда человек касается сети, по крайней мере, в двух точках.

В зависимости от условий в помещении риск поражения электрическим током увеличивается или уменьшается. «Правила устройства электроустановок» делят все помещения на помещения с повышенной опасностью, особо опасные помещения, помещения без повышенной опасности [18].

10.2.5 Опасность нанесения механической травмы

Опасность нанесения механических травм присутствует только во время монтажа системы, а во время эксплуатации распределительных щитов и панелей управления вероятность механических травм незначительна, поскольку в помещении нет предметов, которые могли бы причинить телесные повреждения.

10.2.6 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором вероятность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов исключается с установленной вероятностью, а также обеспечивается защита материальных ценностей. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами противопожарной профилактики. Противопожарная профилактика включает в себя комплекс мер,

необходимых для предотвращения возникновения пожара или уменьшения его последствий.

Все помещения по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с НПБ 105-03 делятся на пять категорий [19].

10.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

10.3.1 Мероприятия по поддержанию микроклимата

При температурах воздуха 25°C и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- 70% - при температуре воздуха 25° С;
- 65% - при температуре воздуха 26° С;
- 60% - при температуре воздуха 27° С;
- 55% - при температуре воздуха 28° С.

При температурах воздуха 26 - 28°C скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону:

- 0,1 - 0,2 м/с - при категории работ Ia;

Работа оператора относится к категории Ia, поскольку работа связана с минимальными физическими нагрузками. Для поддержания микроклимата в помещении необходимо произвести монтаж приточно-вытяжной вентиляции, с подогревом поступающего воздуха в холодный период года.

10.3.2 Мероприятия по снижению уровней воздействия шума и вибрации

Главными источниками шума на участки распила являются 16 фрез, система приточной вентиляции, привода транспортеров а также компрессорная установка.

Источниками вибрации в помещении цеха являются приточная вентиляция с электродвигателями, так как при их работе, в каждом из них, на высоких оборотах вращаются валы электродвигателя с прикрепленными к нему лопастями также компрессорная установка.

Мероприятия по уменьшению воздействия вибраций и шумов на организм человека:

- одним из основных методов снижения шума на производстве является снижение (ослабление) шума в самих источниках - в электрических машинах, станках, механизмах и других устройствах;
- повышенный шум, создаваемый машинами, трансформаторами, электромагнитными аппаратами, часто бывает из-за неплотного стягивания пакетов стальных сердечников, неполного притягивания подвижной части магнитопровода контактора (магнитного пускателя). У электродвигателей ненормальный шум возникает при работе с перегрузкой или при обрыве одной фазы. Своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума;
- Применение средств индивидуальной защиты в тех случаях, когда перечисленными мерами не удастся снизить уровень шума до нормативных значений. В зависимости от характеристики шума и вида используемых средств достигают уменьшения уровня интенсивности звука на 5...45 дБ;

- защита от вибраций на рабочих местах осуществляется методом виброизоляции – путём устройства упругих элементов, размещённых между вибрирующей машиной и основанием, на котором она установлена. В качестве амортизаторов вибраций используют стальные пружины или резиновые прокладки;

- в качестве индивидуальной защиты от вибраций, передаваемых человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на войлочной или толстой микропористой резиновой подошве. Для защиты рук рекомендуется использовать виброгасящие перчатки.

10.3.3 Мероприятия по поддержанию требований к освещению

Рабочее освещение является обязательным во всех помещениях и освещённых помещениях для обеспечения нормальной работы, прохода людей и транспортного движения.

Аварийное освещение предназначено для продолжения работы в случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (в случае аварии) и связанное с этим нарушение нормального технического обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, отравлению людей, длительное нарушение работоспособности таких объектов, как электростанции, диспетчерские, насосные станции, водопроводные сооружения и другие производственные объекты, на которых прекращение работ недопустимо.

Эвакуационное освещение должно быть предусмотрено для эвакуации людей из помещений в случае аварийного отключения рабочего освещения в местах, опасных прохода для людей, на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений в которых работают более 50 человек.

Для охранного освещения производственных площадок и аварийного освещения помещений выделяются часть светильников рабочего или аварийного освещения.

10.3.4 Мероприятия по поддержанию требований к электробезопасности

Электрооборудование помещения, в котором производится работа, относится к установкам напряжением до 1000 В.

Анализ признаков, влияющих на вероятность поражения человека электрическим током:

- относительная влажность воздуха не превышает 75 %;
- температура воздуха не превышает плюс 35°C, следовательно, повышенной не является;
- отсутствуют частицы токопроводящей пыли;
- химически активные вещества отсутствуют;
- имеется возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Согласно ПУЭ (правила устройства электроустановок) данное помещение можно классифицировать как помещение с повышенной опасностью поражения человека электрическим током т.к., в помещении имеются токопроводящие щиты и кабели под большим напряжением. Незащищенные части и приборы, находящиеся под электрическим током, могут привести к тяжелым электрическим поражениям с возможным смертельным исходом. Поэтому провода и кабели должны быть тщательно заизолированы, токопроводящие части и приборы защищены.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Для обеспечения безопасности применяются технические средства защиты от поражения электрическим током, такие как изоляция токопроводящих частей (проводов); установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; защитное заземление; зануление; защитное отключение.

Защитное заземление - это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением.

Заземлению подлежат металлические корпуса контрольно-измерительных приборов, регулирующих устройств, металлические щиты, металлические оболочки контрольных и силовых кабелей, стальные трубы электропроводок и т.д. Все эти элементы имеют место в данном проекте. Поэтому становится ясным необходимость проведения подобного рода мероприятий по защите обслуживающего персонала от поражения электрическим током. Для заземления электроустановок системы автоматизации должна использоваться заземляющая сеть системы электроснабжения.

Заземление на корпус или электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями шкафа может быть результатом случайного касания токопроводящей части шкафа, повреждение изоляции, падения провода, находящегося под напряжением на токоведущие металлические части и т.д.

Защитное заземление необходимо выполнить для оборудования, питающегося от сети 220 В, кроме того, для всех щитов, пультов и шкафов с контрольно-измерительной и регулирующей аппаратурой.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя и проводника, соединяющего металлические части электроустановок с заземлителем. В качестве искусственных заземлителей применяют: заглубляемые в землю стальные трубы; уголки; штыри или полосы. В качестве естественных — уложенные в земле водопроводные или канализационные трубы, кабели с металлической оболочкой (кроме алюминиевой); обсадные трубы скважин, металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей; металлические шунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле и т.п.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага в случае появления электрического потенциала вследствие замыкания тока на металлические корпуса электрооборудования, разряда молнии или других причин.

Заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах.

В качестве естественных заземлителей недопустимо использование теплотрасс, трубопроводов с горючими веществами такими как бензин, природным газом, нефтью и др.

Для системы заземления на шкаф автоматизации разрабатываемой системы следует использовать трубы диаметром 45 мм (с толщиной стенок 2,5 мм), длиной 2500 мм и полосовую сталь сечением 200 мм². Заземлители разместим в ряд. Характер грунта в месте установки заземлителей - суглинок.

В соответствии с [17] трубчатые заземлители погружают в землю на глубину 0,8 м, расстояние между заземлителями примем равным трем длинам заземлителей $a = 7500$ мм.

Наибольшие допустимые значения сопротивления заземляющего устройства - не более 4 Ом.

Удельное сопротивление грунта по [18]:

$$\rho_r = 1 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Учитывая возможность высыхания грунта летом и промерзания зимой, определяем расчетное значение удельных сопротивлений электродов и полос по формуле (39):

$$\rho_{\text{э}} = \rho_{\text{э}} \cdot K_{\text{э}}, \quad (38)$$

$$\rho_n = \rho_r \cdot K_n, \quad (39)$$

где $K_{\text{э}}$ и K_n - повышающие коэффициенты, находятся по [18].

$$\rho_{\text{э}} = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см};$$

$$\rho_n = 1 \cdot 10^4 \cdot 5 = 5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Определяем величину сопротивления одной забитой в землю трубы по (40):

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \cdot \pi \cdot L_M} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_M}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_m + L_m}{4 \cdot h_m - L_m} \right), \quad (40)$$

где $\rho_{\text{э}}$ - удельное расчетное сопротивление грунта для электрода, Ом·см;

L_M - длина трубы, см;

d - наружный диаметр трубы, см;

h_m - глубина заложения трубы в землю, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, см.

$$R_{\text{э}} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 250}{4,5} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 205 + 250}{4 \cdot 205 - 250} \right) = 60,5 \text{ Ом}, \quad (41)$$

Определим потребное число трубчатых заземлителей по формуле (42):

$$N = R_{\text{Э}}/r_3 , \quad (42)$$

где r_3 - величина сопротивления заземляющего устройства, предусмотренная по норме – не более 4 Ом;

$R_{\text{Э}}$ - сопротивление растекания одиночного заземлителя;

$$N = \frac{60,5}{4} = 15,1 \text{ шт}, \quad (43)$$

Учитывая, что трубы соединяются заземляющей полосой, которая выполняет роль заземлителя, уменьшим полученное число труб до 14 шт.

Определяем длину L_n соединительной полосы (45):

$$L_n = 1,05 \cdot a \cdot (n-1) , \quad (44)$$

$$L_n = 1,05 \cdot 7,5 \cdot (14-1) = 102 \text{ м} , \quad (45)$$

Определяем сопротивление полосы R_{Π} , Ом:

$$R_{\Pi} = \frac{\rho_{\Pi}}{2 \cdot \pi \cdot L_{\Pi}} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{h_{\Pi} \cdot B} , \quad (46)$$

где ρ_{Π} - удельное расчетное сопротивление грунта для полосы Ом · см;

L_{Π} - длина полосы, см;

B - ширина полосы, см;

h_{Π} - глубина заложения полосы в землю, см.

$$R_{\Pi} = \frac{5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 10200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 10200^2}{80 \cdot 0,48} = 12,1 \text{ Ом}, \quad (47)$$

Результирующее сопротивление растеканию системы с учетом коэффициента использования труб и полосы рассчитываем по формуле (48):

$$R_c = \frac{R_{\text{Э}} \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{Э}} \cdot \eta_{\Pi} + R_{\Pi} \cdot \eta_{\text{Э}} \cdot n} , \quad (48)$$

где $R_{\text{э}}$ - сопротивление заземления одной трубы, Ом;

n - число труб - заземлителей;

$\eta_{\text{э}}$ - коэффициент использования труб контура;

$R_{\text{п}}$ - сопротивление заземления соединяющих полос;

$\eta_{\text{п}}$ - коэффициент использования соединительной полосы;

$$\eta_{\text{э}} = 0,82, \eta_{\text{п}} = 0,76,$$

$$R_{\text{с}} = \frac{60,5 \cdot 12,1}{60,5 \cdot 0,76 + 12,1 \cdot 0,82 \cdot 14} = 3,984 \text{ Ом}, \quad (49)$$

Полученная величина результирующего сопротивления удовлетворяет нормам [18] и, следовательно, его можно принять в качестве исходной при проектировании защитного заземления. Проведенный расчет можно считать выполненным правильно.

На рисунке 11.1 изображена схема расположения заземлителей в грунте.

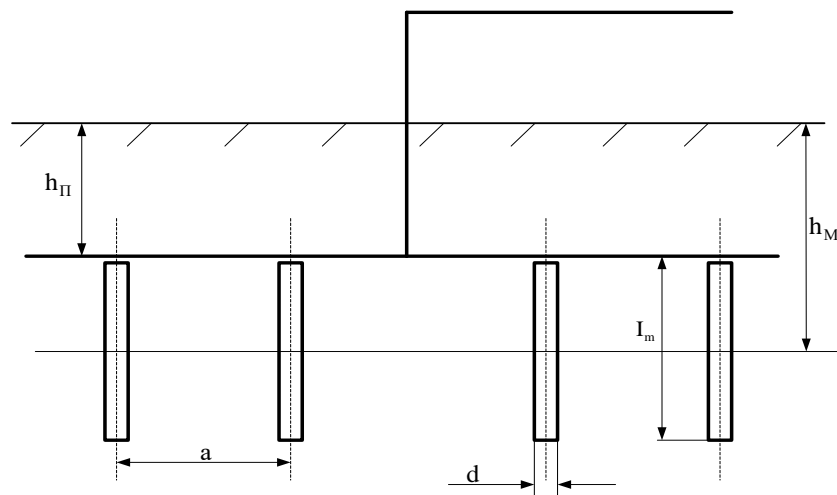


Рисунок 11.1 - Схема расположения заземлителей

Проведенный расчет заземления и полученная схема расположения заземлителей, которая будет реализована на объекте устранил опасность

поражения электрическим током обслуживающего персонала и уменьшит процент аварий техногенного типа.

10.3.5 Мероприятия по предотвращению механических травм

При работе в производственном цеху необходимо предоставление работникам средств индивидуальной защиты, специальной обуви и одежды. Применяемые средства защиты должны соответствовать ГОСТ 12.4.011, СНиП II-12-77.

10.3.6 Мероприятия по поддержанию пожарной безопасности

Так как на участке присутствует древесная пыль, оголенные нити накала и газовые горелки, то помещение относится к категории Г по взрывопожарной и пожарной опасности.

Для обеспечения взрывобезопасности при наличии древесной пыли учтены требования:

- а) ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования;
- б) СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование;
- в) ТУ на выполнение технологических защит и блокировок при наличии мелкодисперсной взрывоопасной пыли в соответствии с требованием взрывобезопасности;
- г) правил безопасности в газовом хозяйстве ПБ-12-245-00.

Рассмотрим ряд основных источников возникновения опасности пожара на участке распиловки. Основными источниками возникновения опасности пожара является система сушки краски с греющими лампами, термо-тоннель с газовыми горелками, нити накала для разрыва пленки, вспомогательное оборудование, работающее с электродвигателями, трубопроводы и оборудование, имеющие высокие температуры поверхностей.

Для быстрой ликвидации пожара или опасности его возникновения система управления линией оборудована предохранительными устройствами,

прекращающими подачу напряжения на исполняющие механизмы, топливная система должна быть оборудована предохранительными устройствами, прекращающими поступление газа по трубопроводу при его разрыве.

Для избежание пожаров на производстве проводятся профилактические, организационные, технические, режимные и эксплуатационные мероприятия. Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования. К техническим мероприятиям относятся мероприятия по соблюдению противопожарных правил, норм при проектировании зданий, правильное размещение оборудования.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

1) на участке линии распиловки предусматриваются передвижные углекислотные аппараты, пожарные краны с рукавами, щиты пожарные огнетушителями и противопожарным инвентарем, ящики с песком, аварийные баки с водой и т.д.;

2) каждый сотрудник должен знать местонахождение противопожарного оборудования и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

При проектировании зданий необходимо предусматривать безопасную эвакуацию людей на случай возникновения пожара. Число эвакуационных выходов должно быть не менее двух и они должны располагаться рассредоточено. Ширина участков путей эвакуации должна быть не менее одного метра, а ширина дверей на пути эвакуации не менее 0,8 метра.

10.4 Мероприятия по охране окружающей среды

10.4.1 Мероприятия по охране атмосферы

При сжигании топлива газа образуется большое количество окиси азота. Образование окиси азота увеличивается с ростом температуры и избытка воздуха в топке. Образовавшаяся окись азота в конвективных газах частично

окиляется до двуокиси азота (1—2%). В атмосфере распадается на окись азота и атмосферный кислород. Затем в результате реагирования с углеводородами (выхлопным газом) вновь образуется двуокись азота. Это соединение является не только токсичным, но и влияет на дыхательные пути человека.

Количество оксидов азота, образующихся при горении зависит от уровня и распределения температур, т.е. от соотношения скорости горения и скорости отвода теплоты от факела.

В воде окись азота практически не растворяется. Очистка продуктов питания от него технически сложна и в большинстве случаев экономически не рентабельна.

Образование оксидов азота при сгорании газа значительно уменьшается с уменьшением температуры горения, с уменьшением времени пребывания азота и кислорода в высокотемпературной части факела, а также с уменьшением свободного кислорода в факеле.

По этому методу в первичную зону горения подается 50—70% необходимого для горения воздуха, 50—30% поступает во вторую зону. Отвод тепла из первичной зоны горения делается достаточно большим, чтобы заключительная стадия процесса происходила при более низких температурах.

Одним из основных средств уменьшения загрязнения атмосферы вредными примесями, выбрасываемыми через отводные сбросные трубы, является уменьшение рассеивания дымовых газов посредством увеличения количества труб и их высоты.

При большой высоте труб дымовые газы, вынесенные в высокие слои атмосферы продолжают распространяться в них, в следствие чего резко снижается концентрация вредных примесей в приземном воздухе. При этом в неблагоприятных атмосферных условиях дымовой факел может прорваться в верхние слои инверсионной зоны атмосферы и, таким же образом, окажется изолированным от контакта с нижними слоями атмосферы.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости уменьшения вредных примесей в атмосферу, т.к. последние оказывают наиболее решающее влияние на загрязнение атмосферы.

10.4.2 Мероприятия по охране литосферы

Наибольшему загрязнению подвергается верхний слой литосферы – почва. Основными источниками загрязнения литосферы являются на разрабатываемой линии является бытовой мусор.

Пути решения проблемы загрязнения литосферы:

- все отходы, которые возможно, подвергают вторичной переработке;
- завод работает по принципу безотходное производство.

10.5 Аварийная ситуация

Рассмотрим аварийную ситуацию как наиболее вероятную – пожар.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Пожары на промышленных предприятиях представляют также большую опасность для работающих.

Топливная система являются наиболее пожароопасными. Для них характерны следующие аварийные случаи:

- разрыв газопровода;
- разрушение бака компенсатора газопровода;
- перфорация газопровода;
- утечки газа из-за не герметичности запорной арматуры.

В связи с этим топливная система оборудована предохранительными устройствами, время срабатывания которых принято 120 с, т.к. вероятность отказа системы превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервированием ее элементов. Под временем срабатывания понимается промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества до полного прекращения его поступления.

При возникновении пожара в первую очередь срабатывает световая и звуковая противопожарная сигнализация и быстродействующие клапаны - перекрывают подачу газа.

При этом работающий персонал должен воспользоваться всеми предусмотренными средствами пожаротушения. При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду. Персонал должен покинуть здание в течение минимального времени. После чего необходимо поставить в известность о случившемся инженера по техники безопасности.

Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения раздела были выявлены и проанализированы вредные и опасные факторы. Для них были установлены средства, которые помогают защитить находящегося в этом помещении человека от выявленных вредных и опасных факторов.

Анализу были подвергнуто влияние работы на рабочем месте на окружающую среду. Установлено, что после работы остаются отходы при выходе из строя ПК и при пайке, которые при неправильной утилизации будут влиять на литосферу и атмосферу Земли. Выявлено, что отходы утилизируются согласно ГОСТ.

Кроме того, исследовались правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

В итоге, установлено, что рабочее место соответствует ГОСТ по защищённости от вредных и опасных факторов, при работе соблюдаются правила по утилизации полученных отходов. Так же она соответствует правовым нормам и имеет соответствующую компоновку рабочей зоны.

11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время вопрос об автоматизации производства штабелирования и упаковки стоит довольно резко так, как укладка готовой продукции производится в основном вручную на производственных предприятиях России. Разрабатываемая система складирования упаковок ламината в палету будет применяться на производственном предприятии ООО «Латат». Интерес к системам автоматизации штабелирования более чем актуален.

Актуальность обуславливается рядом причин, например тем, что несмотря на большое количество существующих систем нет такой системы чтобы полностью удовлетворяла скоростным и масса-габаритным параметрам существующей линии. В связи с тем, что на территории РФ всего 3 подобных предприятия, разработка новых систем под нужды деревообработки ведется довольно скудно. В ходе выполнения ВКР был произведен патентный обзор, в результате чего была разработана система складирующая упаковки изделий размерами 1382x195мм в штабель палеты. При небольших изменениях размеров разработанная система может применяться в различных отраслях при условии жесткой упаковки изделия.

11.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящей работе исследуется процесс штабелирования упаковок изделия в палету. На сегодняшний день существует множество предприятий в РФ производящих ламинированные полы, в большинстве случаев линии про фрезеровке ламината довольно устаревшие и не имеют автоматической укладки в штабель. Также при небольших изменениях в размерах

разрабатываемая линия может складировать любые изделия прямоугольной формы.

11.2 Потенциальные потребители

Потенциальными потребителями результатов ВКР являются деревообрабатывающие предприятия и заводы.

Отрасль применения: деревообработка.

Конечным потребителем и заказчиком разрабатываемой линии является производственный завод деревообрабатывающей промышленности ООО «Латат» г. Томск Кузовлевский тракт 4 ст.10.

11.3 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной таблицы сравнения конкурентных технических решений:

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (49):

$$K = \sum B_i B_{i_j}, \quad (49)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_{i_j} – балл i -го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,46, в то время другого аналога 3,75. Результат показывает, что данная система автоматизации штабелирования является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, надежность, цена, предполагаемый срок эксплуатации.

Таблица 11.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{раз}	Б _{кон}	К _{раз}	К _{кон}
1	2	3	5	6	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1 Повышение производительности труда пользователя	0,18	4	3	0,72	0,52
2 Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,14	5		0,7	0,56
3 Энергоэкономичность	0,07	4	2	0,28	0,14
Экономические критерии оценки эффективности					
1 Конкурентоспособность продукта	0,09	3	3	0,45	0,24
2 Уровень проникновения на рынок	0,06	5	5	0,18	0,3
3 Цена	0,07	3	4	0,35	0,28
4 Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	3	3	0,32	0,24
6 Финансирование научной разработки	0,04	4	5	0,16	0,2
7 Срок выхода на рынок	0,03	3	3	0,15	0,12
8 Финансирование научной разработки	0,05	3	5	0,2	0,25
Итого	1	47	51	4,46	3,75

11.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ

применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта (таблица 4.2). Сильные (S) и слабые (W) стороны являются факторами внутренней среды объекта анализа; возможности (O) и угрозы (T) являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом). Например, предприятие управляет собственным торговым ассортиментом — это фактор внутренней среды, но законы о торговле не подконтрольны предприятию — это фактор внешней среды.

Таблица 11.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: S1. Простота конструкции S2. Низкая цена составляющих системы. S3. Быстрый монтаж системы. S4. Актуальность исследования.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: W1. Возможность механических поломок. W2. Большие размеры линии. W3. Ограниченное число потребителей.
Возможности: O1. Перепрофилирование линии. O2. Ускорение процесса. O3. Дополнение линии упаковкой.	1 Возможность за низкую цену перепрофилировать на другое производство. 2 Быстрый ввод системы в работу. 3 Возможность вносить изменения в систему.	1 Испытание в работе внесение изменений на этапе ПНР. 2 Изменение конструктива системы и перепрофилирование.
Угрозы: T1. Конкуренция роботизированных линий. T2. Остановка на этапе разработки.	1 Доработка системы с использованием ИИ. 2 Использование более дешевых материалов и датчиков.	1 Разработка дополнений. 2 Проработка вариантов смещения конструкций.

Таблица 11.3 – Связь сильных сторон с возможностями

	S1	S2	S3	S4
O1	+	+	+	-
O2	+	-	+	-
O3	-	-	-	+

Таблица 11.4 – Связь слабых сторон с возможностями

	W1	W2	W 3
O1	-	+	-
O2	-	-	+
O3	+	-	+

Таблица 11.5 – Связь сильных сторон с угрозами

	S1	S2	S3	S4
T1	+	+	+	-
T2	-	-	-	-

Таблица 11.6 – Связь слабых сторон с угрозами

	W1	W2	W 3
T1	+	-	-
T2	-	-	-

11.5 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке: определение структуры работ в рамках научного исследования; определение участников каждой работы; установление продолжительности работ; построение графика проведения научных исследований. Распределение этапов и работ представлен в таблице 11.7.

Таблица 11.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Руководитель 50%, И 50%
	2	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель 50%, И 50%
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Патентный обзор	Руководитель 50%, И 50%
	4	Разработка конструкторской части ВКР	Руководитель 5%, И 95%
	5	Создание чертежей, разработка принципиальной электрической схемы	Руководитель 20%, И 80%
	6	Разработка алгоритма, создание управляющей программы	Руководитель 20%, И 80%
Обобщение и оценка результатов	7	Оформление расчетной части ПЗ	Руководитель 20%, И 80%
	8	Оформление графической части ПЗ	И 100%
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	И 100%
	10	Подготовка к защите ВКР	И 100%

11.6 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула (50):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max i}}{5}, \quad (50)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (51)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

11.7 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 11.8).

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (52)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (53):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (53)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;
 $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;
 $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48, \quad (54)$$

Пример расчета длительности календарных работ:

$$1) \ t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8; \ T_{pi} = \frac{2,8}{1} = 2,8; \ T_{ki} = 2,8 \cdot 1,48 = 4,144 \approx 4 \text{ дн.}$$

Временные показатели проведения научного исследования представлены ниже.

Таким образом, суммарная длительность работ в рабочих днях (T_{pi}) для руководителя составила 19,584 дней, для инженера – 126,432 дней. Длительность работ в календарных днях (T_{ki}): для руководителя – 28,9843 дней, для инженера – 187,119 дней.

Таблица 11.8 – Календарный план-график НИОКР

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни						Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		НР			И			Т _{рд}		Т _{кд}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	2	2	2	2	2	2	1,6	1,6	2,368	2,368
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	3	3	3	1	3	1,8	2,4	1,44	3,552	2,1312
Патентный обзор	НР, И	1	1	1	3	5	3,8	0,8	3,04	-	4,4992
Разработка конструкторской части ВКР	НР, И	3	5	3,8	45	60	51	3,04	40,8	-	60,384
Создание чертежей, разработка принципиальной электрической схемы	НР, И	1	1	1	5	9	6,6	0,8	5,28	-	7,8144
Разработка алгоритма, создание управляющей программы	НР, И	1	2	1,4	1	2	1,4	1,12	1,12	1,6576	1,6576
Оформление расчетной части ПЗ	НР, И	1	2	1,4	1	2	1,4	1,12	1,12	1,6576	1,6576
Оформление графической части ПЗ	И	-	-	-	2	3	2,4	-	1,92	-	2,8416
Составление пояснительной записки	И	-	-	-	5	7	5,8	-	4,64	-	6,8672
Подготовка к защите ВКР	И	-	-	-	10	14	11,6	-	9,28	-	13,7344
Итого:				13,6			87,8	10,88	70,24	16,1024	103,955

Таблица 11.9 – Диаграмма Ганта

Этап	Н Р	И	Март			Апрель		Май				Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	2	2	■	■									
2	3	1,8		■	■								
3	1	3,8			■	■							
4	3,8	51				■	■						
5	1	6,6					■	■					
6	1,4	1,4						■	■				
7	1,4	1,4							■	■			
8	-	2,4								■	■		
9	-	5,8									■	■	
10	-	11,6										■	■

НР – ■ ; И – ■

11.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям: материальные затраты НТИ; затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ; основная заработная плата исполнителей темы; дополнительная заработная плата исполнителей темы; отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); затраты научные и производственные командировки; контрагентные расходы; накладные расходы.

11.9 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Все материальные затраты, участвующие в научном исследовании представлены в таблице 11.10.

Таблица 11.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага SVETOCOPY A4, 80г/м2, 500л	шт	1	350	350
Комплект картриджей для Canon MP520	шт	1	650	650
SIMATIC S7, IM-153-1	шт	1	106 977	106 977
Итого				107977

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 107977 * 1,05 = 113375,85$ руб.

11.10 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального программного обеспечения, необходимого для проведения

работ по конкретной теме. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 11.11.

Таблица 11.11 – Затраты на специальное оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	ПО SIMATIC S7, STEP7 PROFESSIONAL	1	37100	37100
2.	Microsoft Office	1	9353	9353
3.	ПО AutoCAD C1RK1-WW1762-T727	1	69877	69877
Итого:				116330

11.11 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула (55):

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (55)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

Рассчитаем амортизационные отчисления для ноутбука (время использования = 352 часов), расширительного модуля ИМ-153-1 (40 часов).

$$C_{AM_{ноут.}} = \frac{0,4 \cdot 35000 \cdot 352 \cdot 1}{2384} = 2067,1, \quad (56)$$

$$C_{AM_{р.м.}} = \frac{0,6 \cdot 106977 \cdot 40 \cdot 1}{2384} = 1076,9, \quad (56)$$

Итого амортизация = 3144

11.12 Заработная плата исполнителей темы

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле (57):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/25,083, \quad (57)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Таблица 11.12 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1342,09	11	1,699	25 082,32
И	15 470	616,75	72.6	1,62	72 537,2
Итого:					97619,52

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,62$.

11.13 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (58)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НКРФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

При этом сумма взносов к уплате зависит от того, превысил доход установленный лимит или нет. Ставка 30% действует по 2020 год включительно (ст. 425, 426 НК РФ).

Таблица 12.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды
Руководитель проекта	25 082,32	7 524,696
Исполнитель	72 537,2	21 761,16
Итого		29 285,856

11.14 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов (таблица 4.10).

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (59)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере **10%** от всех предыдущих статей.

$$Z_{\text{накл}} = 35975,5 \text{ руб}$$

11.15 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на исследование по каждому варианту исполнения приведен в таблице 12.13.

Таблица 12.13 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	113375,85
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	116 330
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	97619,52
4. Амортизационные отчисления	3144
5. Отчисления во внебюджетные фонды	29 285,856
6. Накладные расходы	35975,5
7. Бюджет затрат НТИ	395730,726

11.16 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве вариантов исполнения были выбраны ближайшие аналоги:

1. Исследование студентом и преподавателем (395730,726руб).
2. Исследование компанией «Элеси» (4000000руб).

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (60)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{344688,09}{4000000} = 0,0989,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{4000000}{4000000} = 1.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

11.17 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле (61):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (61)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливаемая опытным путем по выбранной шкале оценивания.

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик проекта, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 11.14.

Таблица 11.14 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Автоматизированная система	Роботизированная система
Повышение производительности	0,25	5	5
Помехоустойчивость	0,2	5	5
Энергоэкономичность	0,15	4	4
Надежность	0,1	5	4
Потребность в ресурсах памяти	0,1	4	5
Функциональная мощность	0,2	5	4
Итого:	1	4,75	4,55

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (62):

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}, \quad (62)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}, \quad (63)$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта; $I_{мэ}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{мэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 12.15– Сравнительная оценка характеристик проекта

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,0989
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,75
3	Интегральный показатель эффективности	4,55	48,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	10,56	

Выводы

1. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 395730,72 рублей;
2. Выявлен интегральный показатель эффективности равный 48,03, который говорит о том что выгоднее проводить исследование студентом с преподавателем.
3. В ходе оценки двух типов систем автоматизированной и роботизированной прослеживается очевидная конкурентоспособность обеих систем, конкурентоспособность разработки автоматизированной системы составила 4,75 в то время как у предполагаемого конкурента 4,55.
4. Сравнительная эффективность вариантов исполнения показывает нам что разрабатываемая нами система имеет достаточно большое преимущество перед аналогом.

Заключение

В рамках данной магистерской диссертации была разработана система управления штабелированием стопок изделий. Была разработана как механическая составляющая системы так и программное обеспечение, был разработан алгоритм работы системы, составлены сборочные чертежи, чертежи общего вида и принципиальная электрическая схема. Был произведен выбор оборудования КИПиА. Был произведен расчёт основных параметров вакуумной системы с выбором присосок и вакуумного насоса.

Данная система разрабатывалась для деревообрабатывающего производства и конкретного заказчика ООО «Латат» линию фрезеровки ламината производства фирмы «Номат». Но разработанная система может использоваться и в других отраслях.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

- Обзор возможных вариантов конструкции механизма упаковки.
- Разработка механизма исходя из размеров, весов.
- Разработка алгоритма работы механизма.
- Разработка схемы управления и контроля параметров системы.
- Выбор аппаратной и программной части.
- Написание управляющей программы на основе выбранного алгоритма.
- Расчет параметров вакуумной системы.

В дальнейшем будут вестись работы в следующих направлениях:

- монтаж конструкций и систем;
- пуско-наладочные работы;
- отладка алгоритма управления и управляющей программы;
- создание SCADA-системы.

Литература:

1. УралГидравлика / Виды штабилирующего оборудования. Дата обновления: 10.03.2019. URL: http://tura-ural.ru/shatabeler_statia.
2. RU 2 555 083 C2, 2012.03.12, ХОНКАНЕН Ярно (FI) МИИККУЛАЙНЕН Кари (FI), «ПОДВЕСНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА И СПОСОБ ЕЕ РАБОТЫ».
3. RU 2 570 182 C2, 1977.02.25, АДЕЛЬСОН ЮРИЙ АБРАМОВИЧ, «УСТРОЙСТВО ДЛЯ ШТАБЕЛИРОВАНИЯ ЛИСТОВ ФАНЕРЫ».
4. RU 2 523 835 C1, 2011.11.18, РУНОНЕН Пекка (FI), «УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДАЧИ И ШТАБЕЛИРОВАНИЯ СТОПОК ИЗДЕЛИЙ».
5. RU 2 423 222 C1, RU2009139841/02, 29.10.2009, Коруков Алексей Николаевич (RU), «МАНИПУЛЯТОР».
6. RU 2 372 269 C1 2012.03.12, МИИККУЛАЙНЕН Кари (FI), «УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ШТАБЕЛЕЙ И ПАКЕТОВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ».
7. Sick / Каталог оборудования. Дата обновления: 11.01.2020. URL: https://www.sick.com/ru/ru/photoelectric-ensors/c/g172752?q=:Def_Type:Product.
8. Овен / Каталог оборудования. Дата обновления: 15.09.2019. URL: https://owen.ru/catalog/related_products_datchiki.
9. РусАвтоматизация / Каталог оборудования тип ESQ-A500. Дата обновления: 16.07.2018. URL: <https://rusautomation.ru/f/esq-a500-katalog.pdf>.
10. SMC / Каталог оборудования, присоски. Дата обновления: 03.11.2019. URL: <https://www.smc.eu/ru-ru/products/dlya-tyazhelyh-uslovij~138719~nav>.
11. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 1.04.2019).
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным

электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

13. СанПиН 2.2.4-548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

14. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

15. СН 3223-85 САНПИН 3223-85. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах.

16. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

17. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1).

18. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность».

19. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

Приложение А

(обязательное)

Таблица входных/выходных сигналов

№	Позиция	Адрес	Примечание
Входные сигналы			
1	K91-B101	DI90.0	Датчик наличия упаковки на входе K91
2	K91-B102	DI90.1	Датчик наличия упаковки на выходе K91
3	K91-Q01	DI90.2	Доп. контакт АВ K91-Q01
4	K91-B01	DI90.3	Термореле привода K91-M01
5	K91-S01	DI90.4	Кнопка ручного пуска K91-M01
6	K92-B101	DI90.5	Датчик наличия 1 упаковки слоя
7	K92-B102	DI90.6	Датчик наличия 2 упаковки слоя
8	K92-B103	DI91.0	Датчик наличия 3 упаковки слоя
9	K92-B104	DI91.1	Датчик наличия 4 упаковки слоя
10	K92-Q01	DI91.2	Доп. контакт АВ K92-Q01
11	K92-B01	DI91.3	Термореле привода K92-M01
12	K92-S01.F	DI91.4	Кнопка прямого пуска K92-M01
13	K92-S01.R	DI91.5	Кнопка обратного пуска K92-M01
14	K92-B105	DI91.6	Датчик положения штока
15	K93-S01.F	DI92.0	Кнопка прямого пуска K93-M01
16	K93-S01.R	DI92.1	Кнопка обратного пуска K93-M01
17	K93-Q01	DI92.2	Доп. контакт АВ K93-Q01
18	K91-B01	DI92.3	Термореле привода K93-M01
19	K93-B101	DI216.1	Концевой выключатель скорости K93-M01
20	K93-B102	DI216.0	Датчик положения вакуумных присосок
21	K93-S02	DI92.4	Кнопка запуска вакуумного насоса K93-M02
22	K93-B103	DI216.3	Реле разряжения вакуума в системе
23	K93-S03.F	DI92.5	Кнопка прямого пуска K93-M03
24	K93-S03.R	DI92.6	Кнопка обратного пуска K93-M03
25	K93-Q03	DI93.0	Доп. контакт АВ K93-Q03
26	K93-B01	DI93.1	Термореле привода K93-M03

Продолжение таблицы входных/выходных сигналов

№	Позиция	Адрес	Примечание
27	K93-B201	DI216.4	Датчик крайнего правого положения рамы
28	K93-B202	DI216.5	Датчик крайнего левого положения рамы
29	K94-S01.F	DI93.2	Кнопка прямого пуска K94-M04
30	K94-S01.R	DI93.3	Кнопка обратного пуска K94-M04
31	K94-Q01	DI93.4	Доп. контакт АВ K94-Q01
32	K94-B01	DI93.5	Термореле привода K94-M04
33	K94-B101	DI93.6	Датчик наличия в начале транспортера
34	K94-B102	DI94.0	Датчик наличия в середине транспортера
35	K94-B103	DI94.1	Датчик наличия в конце транспортера
36	K92-B105	DI94.2	Датчик положения штока
37	K93-B104	DI216.6	Датчик положения вакуумных присосок
38	K94-B104	DI94.3	Датчик заполнения штабеля
Выходные сигналы			
№	Позиция	Адрес	Примечание
1	K91-STR.M01	DO90.0	Команда на реверсное движение K91-M01
2	K91-STF.M01	DO90.1	Команда на прямое движение K91-M01
3	K91-M0.M01	DO90.2	Скорость 1
4	K91-M1.M01	DO90.3	Скорость 2
5	K91-H01	DO90.4	Индикация состояния привода K91-M01
6	K92-H01.F	DO90.5	Индикация движения вперед K92-M01
7	K92-H01.R	DO90.6	Индикация движения назад K92-M01
8	K92-KM01.F	DO91.0	Команда на движение вперед K92-M01
9	K92-KM01.R	DO91.1	Команда на движение назад K92-M01
10	K92-Y01	DO91.2	Пневмораспределитель сброса вакуума
11	K93-STR.M01	DO91.3	Команда на реверсное движение K91-M01
12	K93-STF.M01	DO91.4	Команда на прямое движение K91-M01
13	K93-M0.M01	DO91.5	Скорость 1

Продолжение таблицы входных/выходных сигналов

№	Позиция	Адрес	Примечание
14	K93-M1.M01	DO91.6	Скорость 2
15	K93-H01.F	DO92.0	Индикация движения вперед K93-M01
16	K93-H01.R	DO92.1	Индикация движения назад K93-M01
17	K93-H02	DO92.2	Индикация запуска насоса K93-M02
18	K93-KM02	DO92.3	Команда на запуск насоса K93-M02
19	K93-Y01	DO216.0	Команда на сброс вакуума
20	K93-STR.M03	DO92.4	Команда на реверсное движение K91-M03
21	K93-STF.M03	DO92.5	Команда на прямое движение K91-M03
22	K93-M0.M03	DO92.6	Скорость 1
23	K93-M1.M03	DO93.0	Скорость 2
24	K93-H03.F	DO93.1	Индикация движения вперед K93-M03
25	K93-H03.R	DO93.2	Индикация движения назад K93-M03
26	K94-STR.M01	DO93.3	Команда на реверсное движение K91-M04
27	K94-STF.M01	DO93.4	Команда на прямое движение K91-M04
28	K94-M0.M01	DO93.5	Скорость 1
29	K94-M1.M01	DO93.6	Скорость 2
30	K94-H01.F	DO94.0	Индикация движения вперед K94-M01
31	K94-H01.R	DO94.1	Индикация движения назад K94-M01

Приложение Б
(обязательное)
Тело управляющей программы FC9100

FC9100 - <offline>

""

Name:
Author:
Time stamp Code:
Interface:
Lengths (block/logic/data): 01098 00944 00002

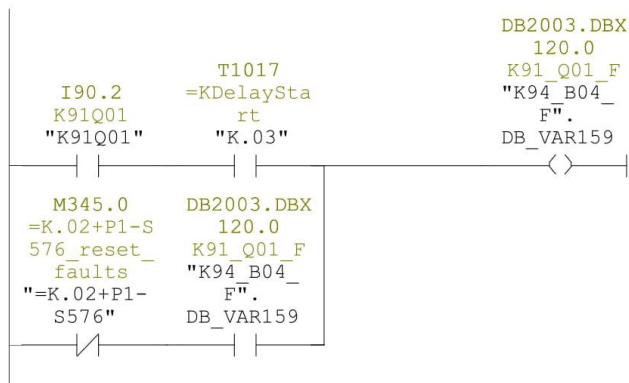
Family:
Version: 0.1
Block version: 2
 05/28/2020 12:45:54 PM
 05/27/2020 12:54:56 PM

Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC9100

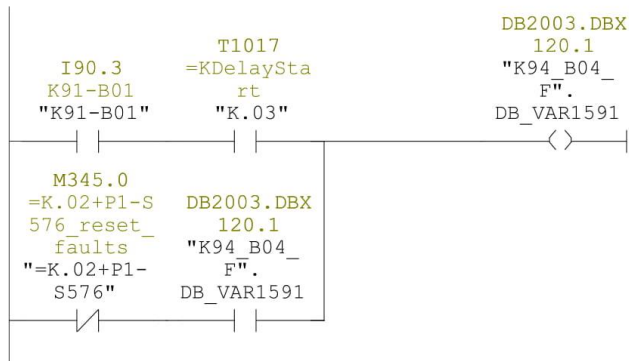
формирование ошибки АВ на K91-M01

Network: 1 K91_Q01_F



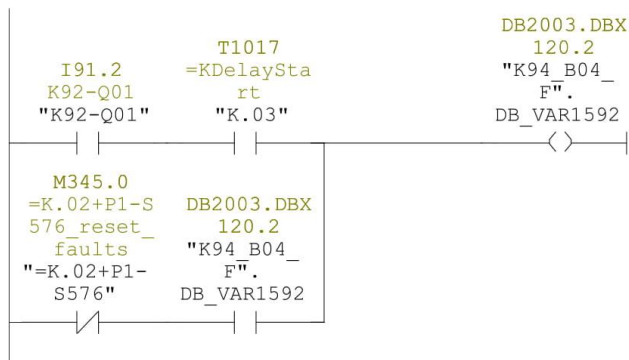
Network: 2 K91_B01_F

формирование ошибки на K91-B01



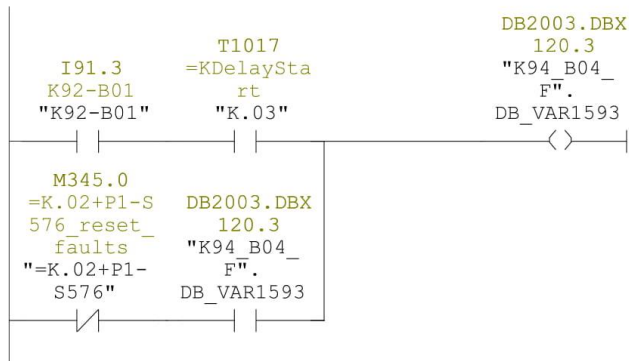
Network: 3 K92_Q01_F

формирование ошибки АВ на K92-M01



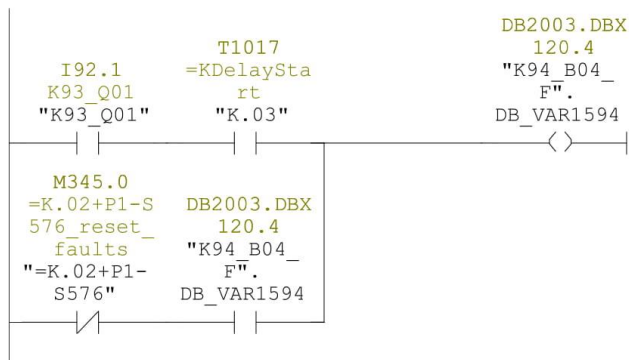
Network: 4 K92_B01_F

формирование ошибки на K92-B01



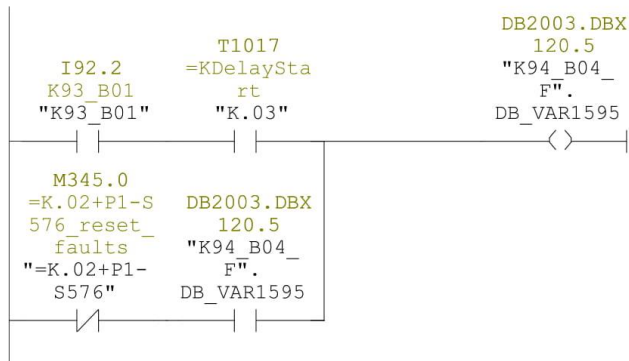
Network: 5 K93_Q01_F

формирование ошибки АВ на K93-M01



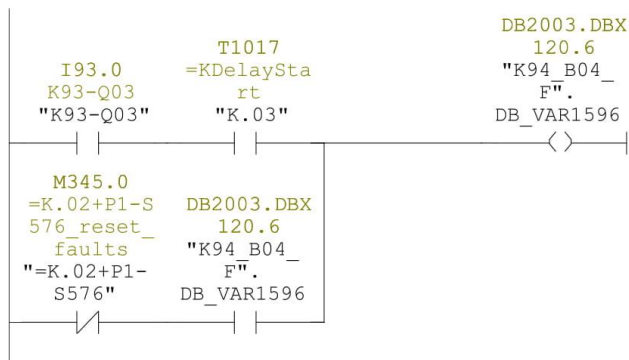
Network: 6 K93_B01_F

формирование ошибки на K93_B01_F



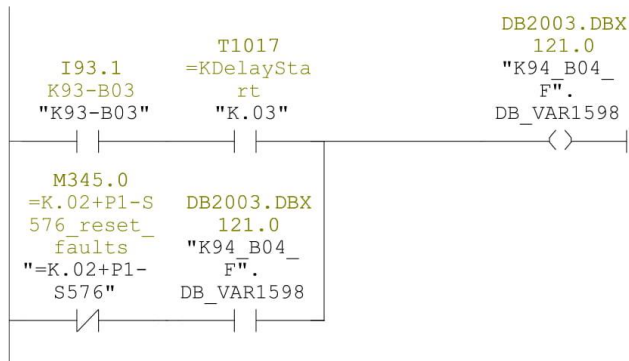
Network: 7 K93_Q03_F

формирование ошибки АВ на K93_Q03_F



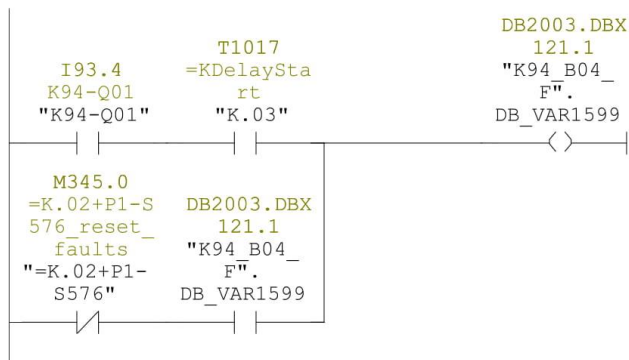
Network: 8 K93_B03_F

формирование ошибки на K93_B03_F



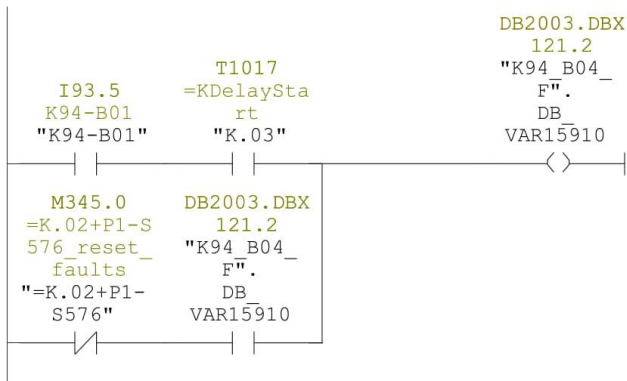
Network: 9 K94_Q01_F

формирование ошибки АВ на K94_Q01_F

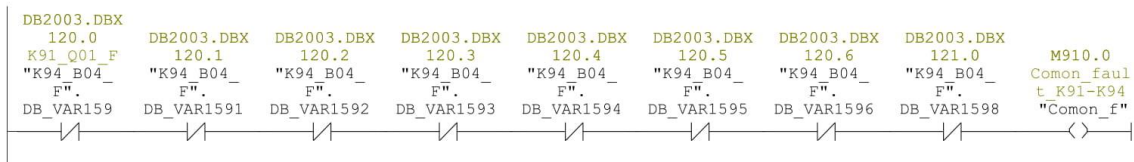


Network: 10 K94_B04_F

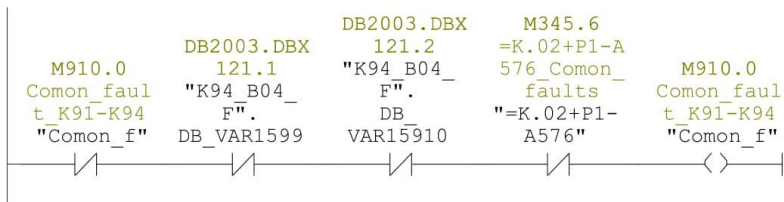
Формирование ошибки на K94_B04_F



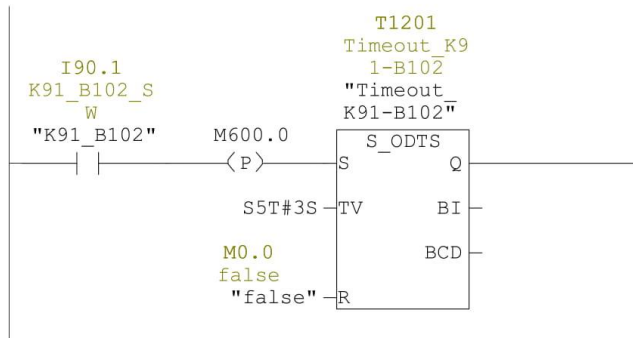
Network: 11 Формирование коллективной ошибки



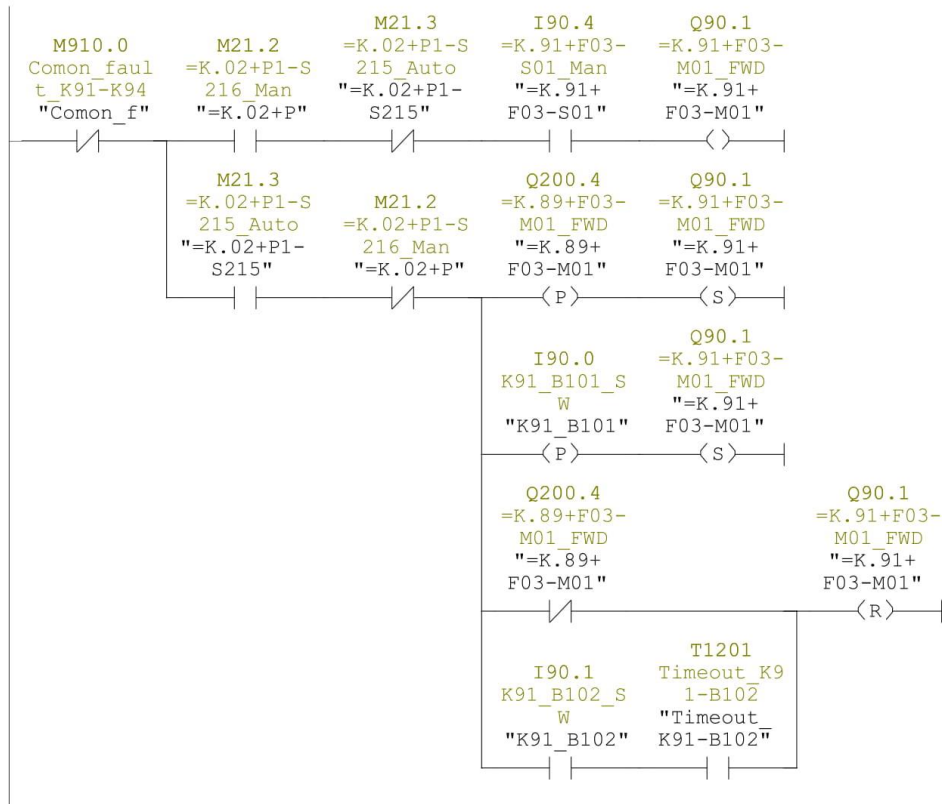
Network: 12 Формирование коллективной ошибки



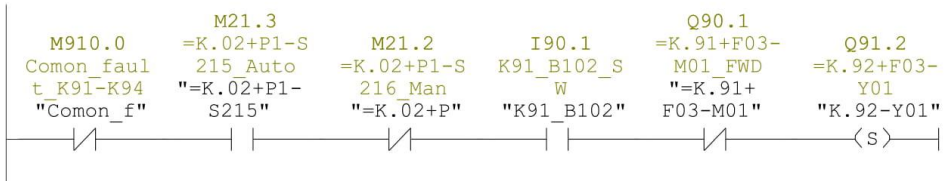
Network: 13 таймер остановки K91-M01



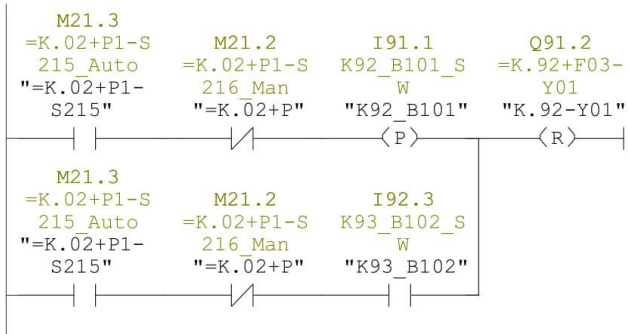
Network: 14 Формирование дискрета запуска привода K91-M01



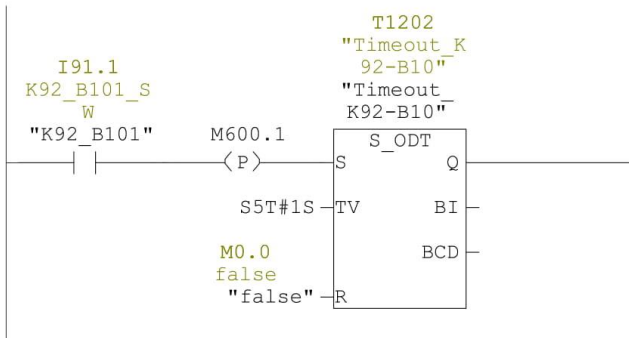
Network: 15 Поднятие пневмоцилиндра =K.92+F03-Y01



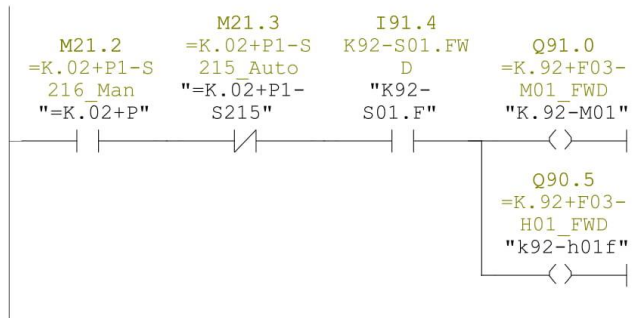
Network: 16 опускание пневмоцилиндра =K.92+F03-Y01



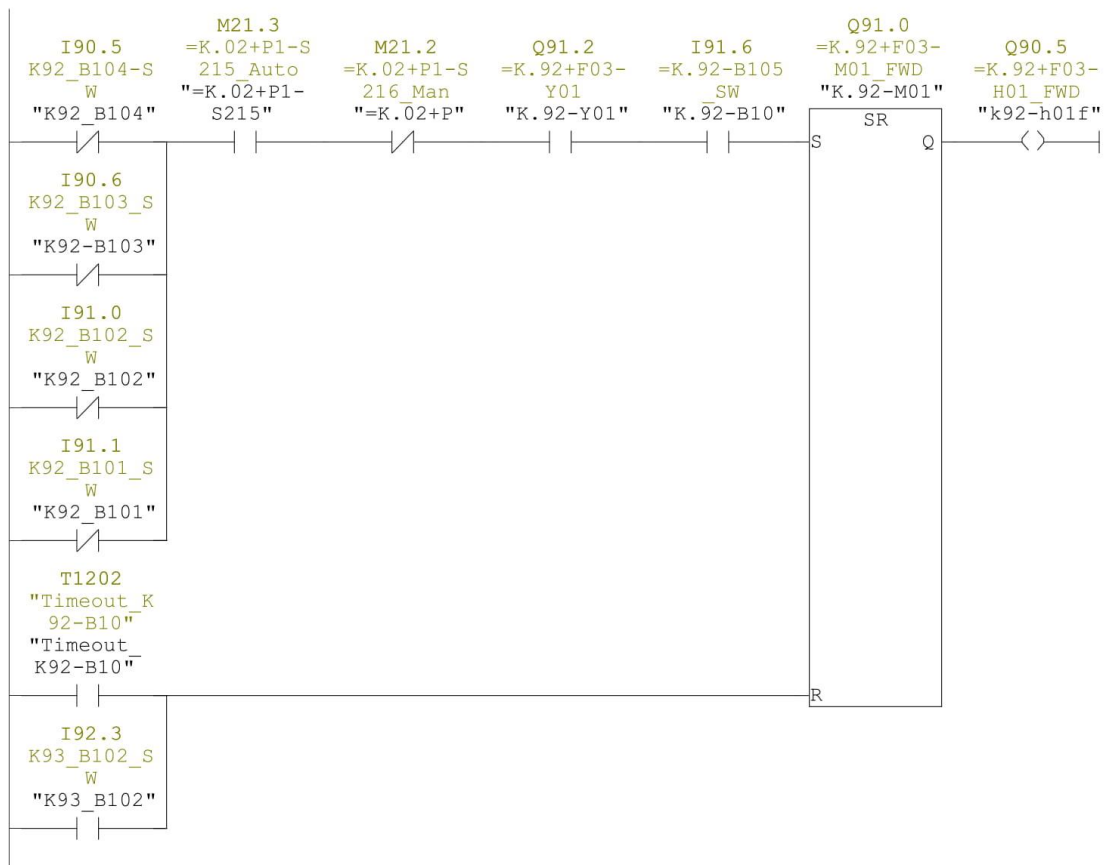
Network: 17 таймер остановки K92-M01



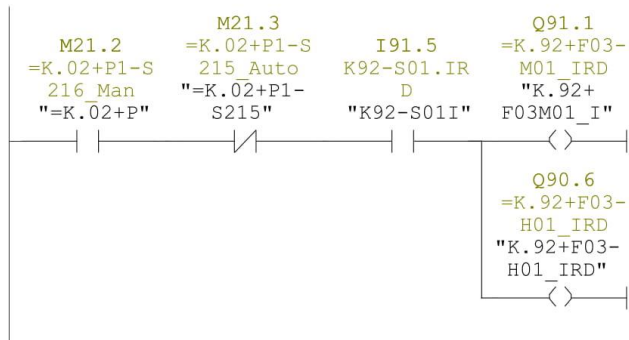
Network: 18 ручной пуск вперед привода K92-M01



Network: 19 автоматический пуск привода =K.92+F03-M01_FWD



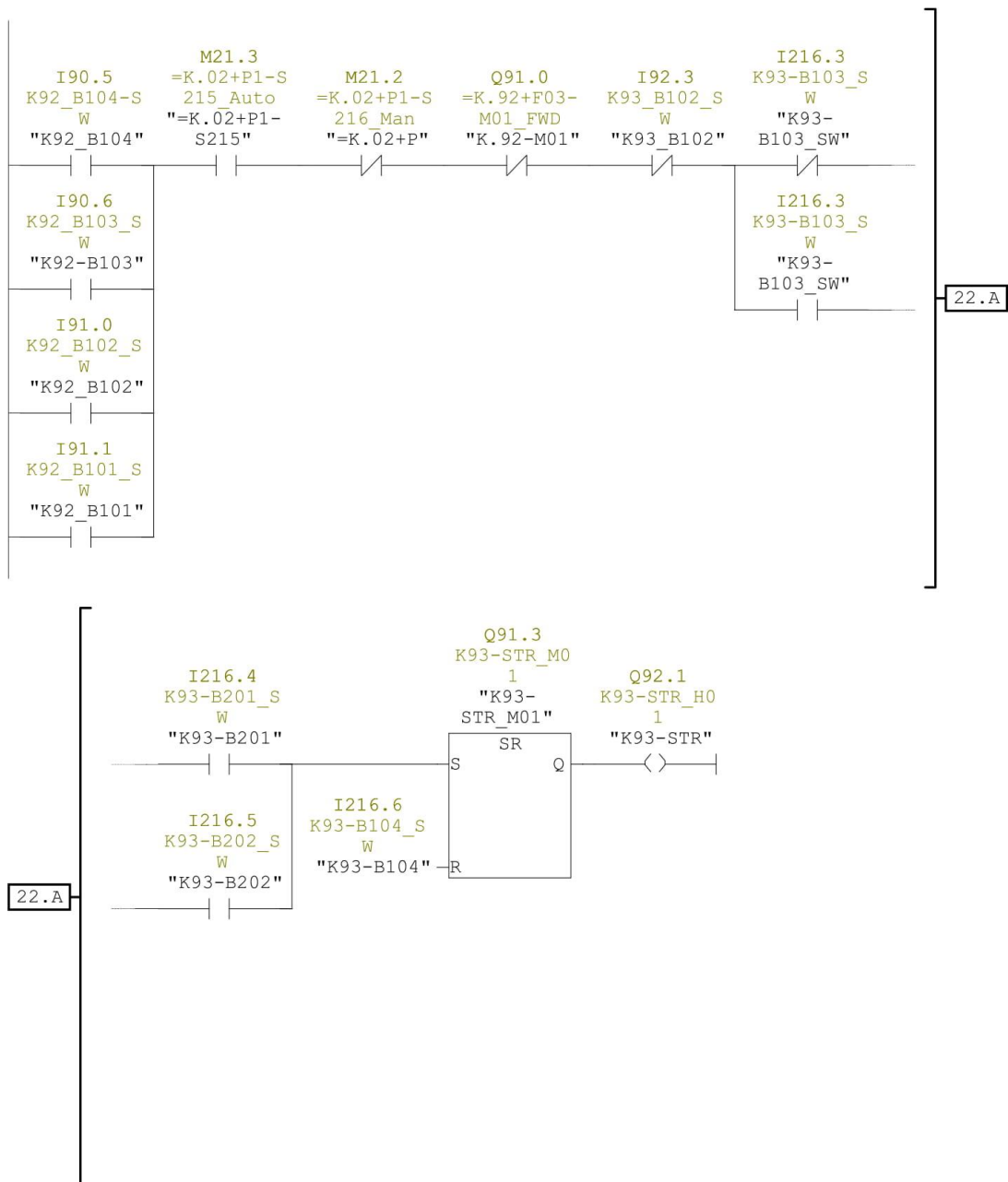
Network: 20 ручной пуск назад привода K92-M01



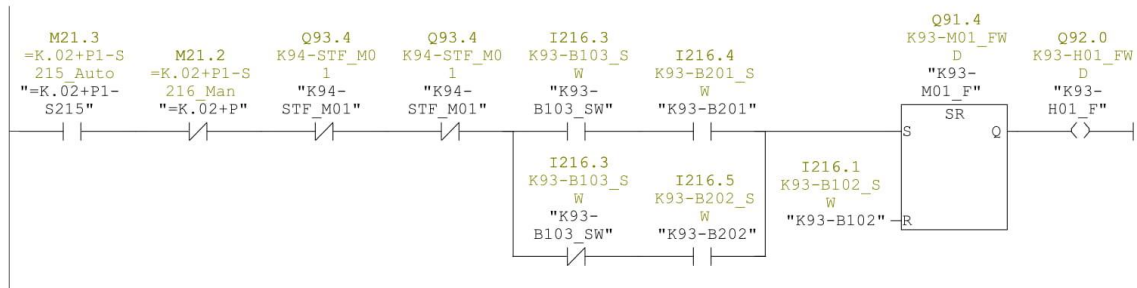
Network: 21 выбор режима скорости привода K93-M01



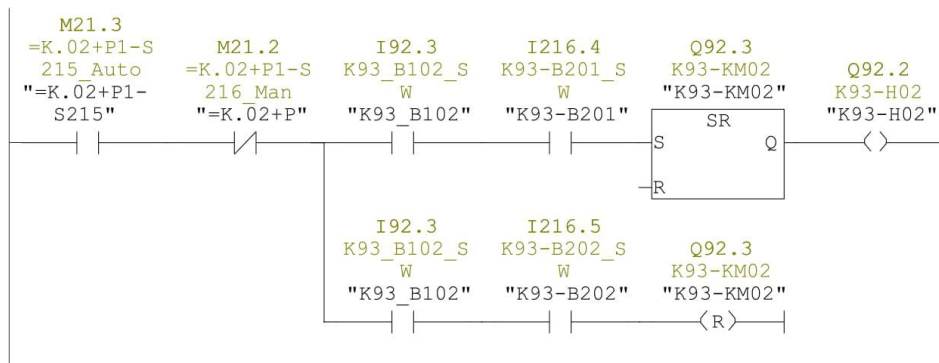
Network: 22 автоматический пуск привода на опускание =K.92+F03-M01_FWD



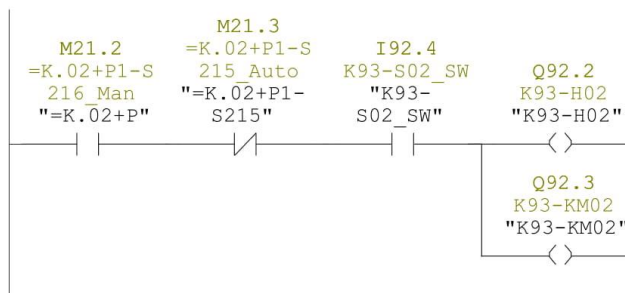
Network: 23 автоматический пуск привода на поднятие =K.92+F03-M01_FWD



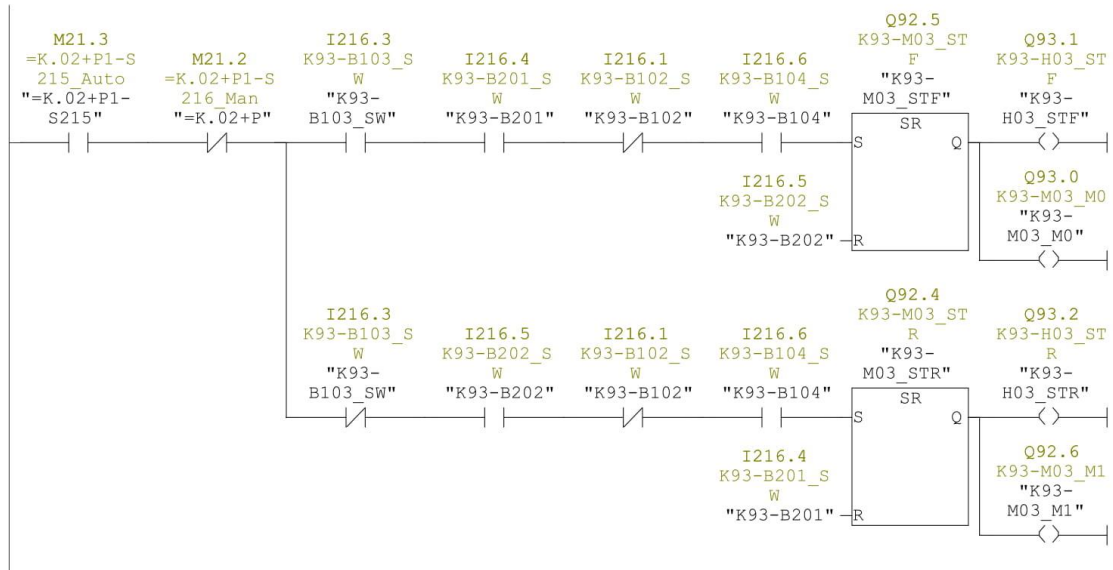
Network: 24 управление насосом K93-KM02



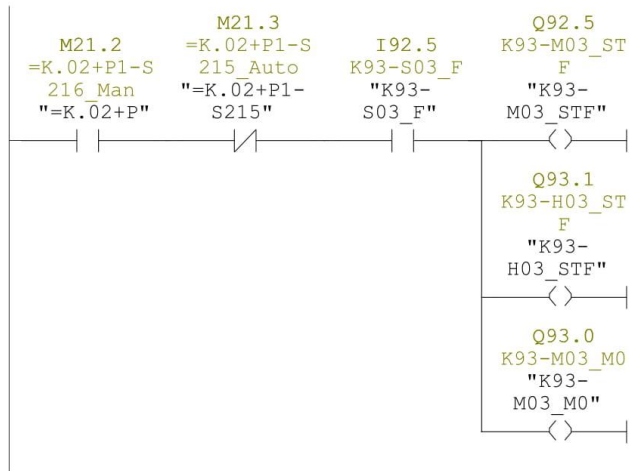
Network: 25 ручное управление насосом K93-KM02



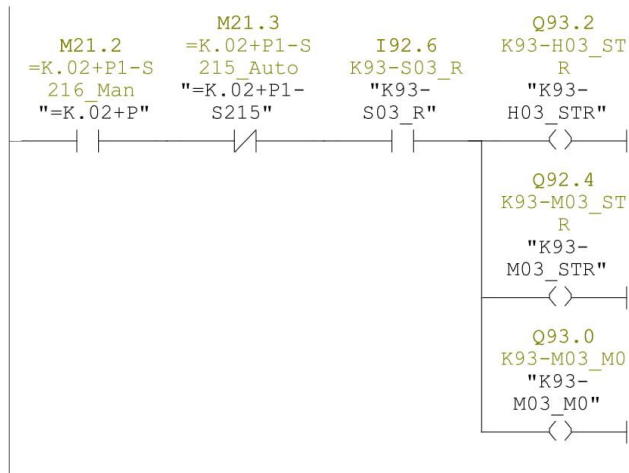
Network: 26 управление приводом K93-M03



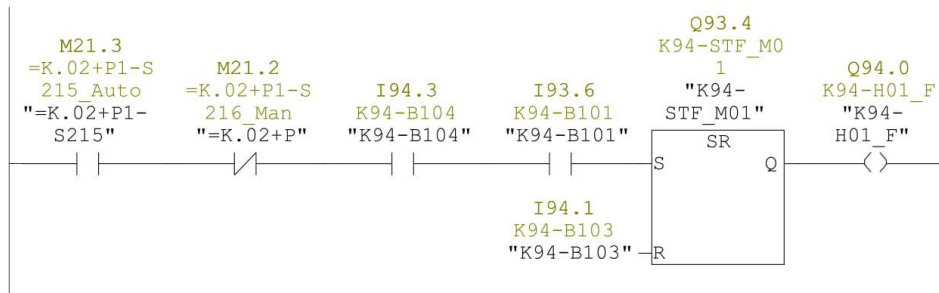
Network: 27 ручное управление приводом K93-M03



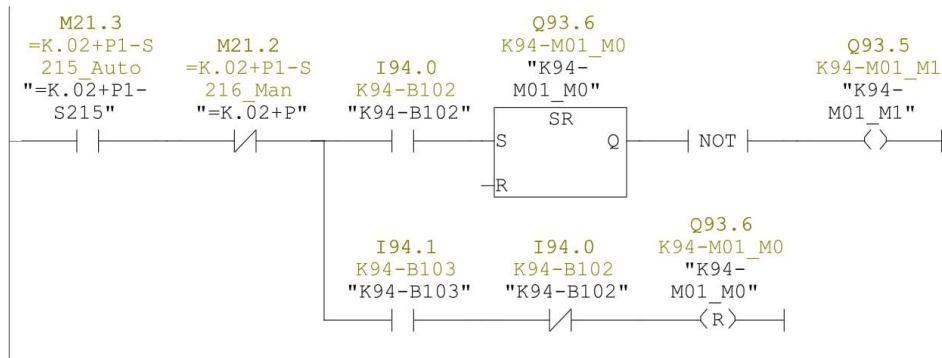
Network: 28 ручное управление приводом K93-M03



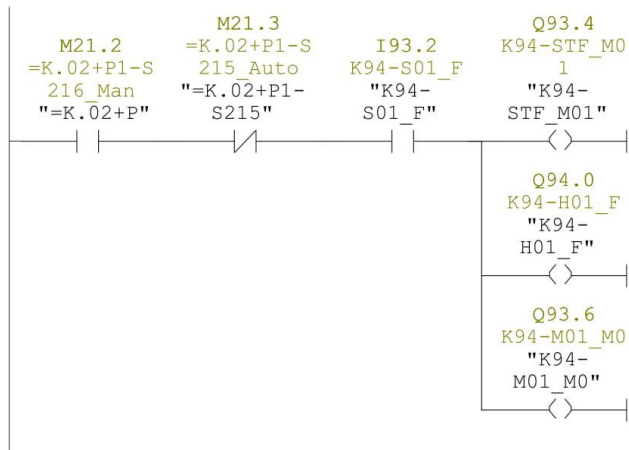
Network: 29 управление приводом K94-M01



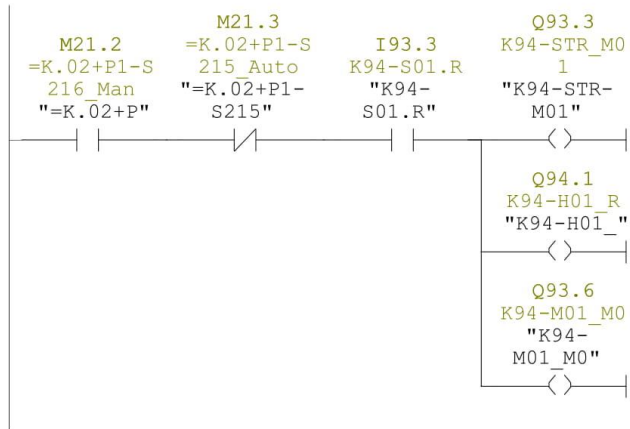
Network: 30 задание скорости K94-M01_M0



Network: 31 ручное управление приводом K94-M01



Network: 32	ручное управление приводом K94-M01
-------------	------------------------------------



Приложение В

(обязательное)

Automated control system for the technological complex for the formation of a pallet of laminate packaging at LLC Latat

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ81	Мамлясов Кирилл Валерьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения автоматизации и робототехники	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Горбатова Татьяна Николаевна			

1. Problem statement

Subject: "Automated control system for the technological complex for the formation of a pallet of laminate packaging at LLC Latat.

Objective is to develop design and software to control the stacking process of laminate packages and to select and design the system.

Tasks is:

1. To review possible design of the packing mechanism.
2. To develop the mechanism proceeding from the sizes, scales and other.
3. To develop the operation algorithm of the mechanism.
4. To develop a management and control scheme for the parameters of the system.
5. To choice of a hardware and program part.
6. To write the control program based on the chosen algorithm.

2. Brief description of the manufacturing process.

The process of producing medium-density wood fibreboard consists of the following main processes:

- reception and storage of wood raw materials;
- preparation of wood raw materials before crushing;
- production of technological spill and its giving in production;
- grind of technological spill on fibers;
- preparation of a working solution of binder and chemical additives, their introduction into the technological flow;
- wood fibre drying;
- formation and preparation of a wood-fiber carpet;
- hot pressing of plates;
- format cutting of plates;
- cooling of plates;
- three-day exposure time of plates;
- grinding, sorting and cutting of plates on ready formats;
- packing of plates [1].

3. Description of process of packing.

The milled plate with the size 1382x195 mm arrives on the table of technical control with the size 1500x200 mm where the rejection of poor quality material takes place . The milled plate are stacking in a stack on this table. Stacking is done

manually by the operator. The operator gives a signal to stop the sheet feeding conveyor belt to the quality control table. The parameters of one laminate pack vary depending on the thickness of the plate being produced at the moment. The plate parameters are given in Table 1.

Table 1.

Blank thickness, mm	Load class	Sizes of a blank, mm	Surface area, m2	Number of blanks in packaging, pcs.	Weight of package, kg
8	33	1382x195	1,347	8	15,2
12	38	1382x195	2,156	5	15,2

After the operator has formed a packet ready for packaging, it's delivered to the tape transporter, which is driven by the permitting signal from the operator's console. The transporter consists of a transporting tape, a belt drive (the engine, a reducer), and two rollers. Total dimensions of the belt transporter are 3000x210 mm. There is an optical sensor necessary for operation of the packaging machine at the end of the transporter.

Next to the belt transporter there is a machine for packing the pack in polyethylene film. The machine consists of a tension drive of a packing film with two balancing shafts, two closing contours with heating thread are moved by pneumatic cylinders, an intermediate belt transporter, an optical sensor of pack presence before the machine, a sensor of pack presence after the machine, sensors of position of pneumatic cylinders and a guide frame for the packing belt. The conveyor is started when a packet crosses sensor in front of the machine. The tensioning belt drive is also started.

Then the pack enters the guiding frame required for packaging in the film and falls to the conveyor. After the pack passes the sensor the heating threads are closed. This is necessary to cut off the excess packaging film. It stops at the sensor. The conveyor starts when the next packaging is approaching, that's how the packaging enters the thermal tunnel.

Thermal tunnel consists of casing required for heat energy preservation, transporter consisting of drive and a chain belt for package transportation. Thermal

tunnel casing has a heat-electric heaters and an air recirculation fan inside casing. Temperature inside the thermal tunnel is maintained by PID-regulator. Temperature sensor Pt100 is located inside the thermal tunnel. The pack hits the chain conveyor. The chain conveyor runs during the whole cycle of the thermal tunnel. Packaging passes through the thermal tunnel, where under the influence of temperature the packaging film is fused into one whole. Then it is fed to the roller conveyor from where the packages are stacked in a pallet [2]. The characteristics of the pallet are given in Table 2.

Table 2.

Number of packs in layer, p	Number of packs in the row, p	Total number of packs, p	Total weight of packs, kg	Pallet weight, kg	Length, m	Width, m	Height, m
4	15	60	912	8	1,4	0,8	1,05

4. Review of possible design options for the packaging mechanism.

An overview of the existing types of packaging stackers was made.

The following stackers are available:

- The simplest packaging equipment for manual product placement. It is equipped with springs with rated force or pneumatic shock absorbers. The table lowers as the pallet is loaded.
- Semi-automatic equipment. Equipment with a small amount of automation but the main folding of packages is done manually.
- Automatic equipment. Fully automatic machines for forming cargo on pallets. The main moment of palletization is of three types:
 - The machine forms a layer of loads on the table above the pan. The table is then quickly removed.
 - The machine forms a layer of weights on the table, which is located next to the pallet. Then the table is lowered and the layer of weights enters the forklift transporter.

– There is also a type of stacking with a vacuum manipulator, which also works with a layer of cargo.

- Robotic automatic machines. Most of the robotized pallet packing systems are equipped with only an electronic manipulator to move cargo from the production line to the pallets [3].

It was decided to select an automatic line. Then we did a patent review on the existing lines. The following patents were considered.

RU 2 555 083 C2 «SUSPENDED ROBOTIC SYSTEM AND METHOD FOR ITS WORK» [4]. The basis of the patent is a three-axle positioner.

RU 2 570 182 C2 «DEVICE FOR STACKING PLYWOOD SHEETS» [5]. The main structure is a transporter with magnetic grips for moving plywood sheets.

RU 2 523 835 C1 «DEVICE FOR ORIENTED FEEDING AND STACKING OF STACKS OF ARTICLES» [6]. The main structure is a transporter, a table for forming a layer and a table for forming the stack.

RU 2 423 222 C1 «MANIPULATOR» [7]. The main structure is a transporter, a table for forming a layer and a manipulator for forming a stack of products.

RU 2 372 269 C1 «DEVICE FOR FORMING PILES AND PACKAGES OF LUMBER» [8]. The device comprises a mechanism for the piecemeal supply of sawnwood, a frame with sawnwood end levellers arranged in the upper part, a shield-laying mechanism, a mechanism for the formation of the stack, the clearing mechanisms and a remote roller conveyor.

As a result automatic line on production of laying which is based on a manipulator with three degrees of freedom on a rigid frame (patent RU 2 423 222 C1 «MANIPULATOR») was taken as a basis.

5. Development of the constructive part of the developed system

The system being developed on the basis of RU 2 423 222 C1 «MANIPULATOR» patent should include a pack conveyor, a table for forming a package layer, a manipulator and a table for forming a stack. It is also necessary to

work out the place from where the loader will pick up the pallet for further storage. The developed structural diagram of the system is presented in Figure 1.

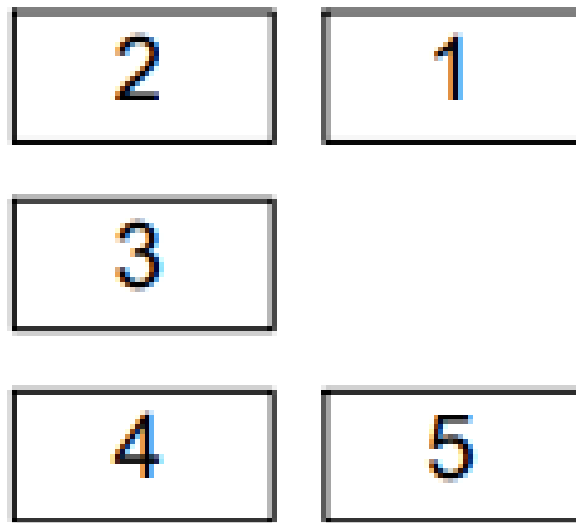


Figure 1 - Block diagram of the line under development.

Where 1 is a conveyor of packages, 2 is a table for forming a layer of packages, 3 is a manipulator, 4 is a table for forming a stack, 5 is a discharge table.

The drawing of the K91 roller conveyor was developed. The basic parameters, the number of rollers, the distance and width were calculated.

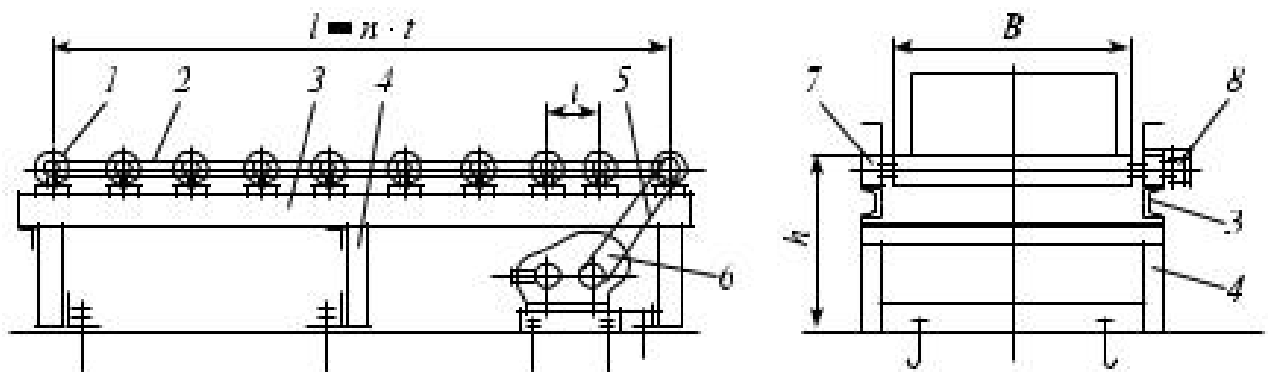


Figure 2 - Roller conveyor with a chain drive.

Where 1 is drive rollers; 2 is chain gears between the rollers; 3 is longitudinal beams; 4 is metal racks; 5 is chain transmission from the drive to the first roller; 6 is drive unit; 7 is bearings; 8 is a double asterisk.

Conveyor length:

$$l_{\text{транс1}} = 2l_{\text{пачки}} = 2 * 1,4 = 2,8 \text{ м.}$$

The distance between the extreme points of adjacent shafts:

$$l_{\text{промеж}} = l_{\text{диам}} - 2 \frac{d_{\text{вала}}}{2} = 0,15 \text{ м.}$$

The total number of conveyor shafts is:

$$n = \frac{l_{\text{транс1}}}{l_{\text{диам}}} = \frac{2,8}{0,2} = 14$$

The drawing of the K92 track conveyor was developed. The parameters of the roller and the length of the raising stem were calculated. A general view of the track transverse conveyor is shown in Figure 3.

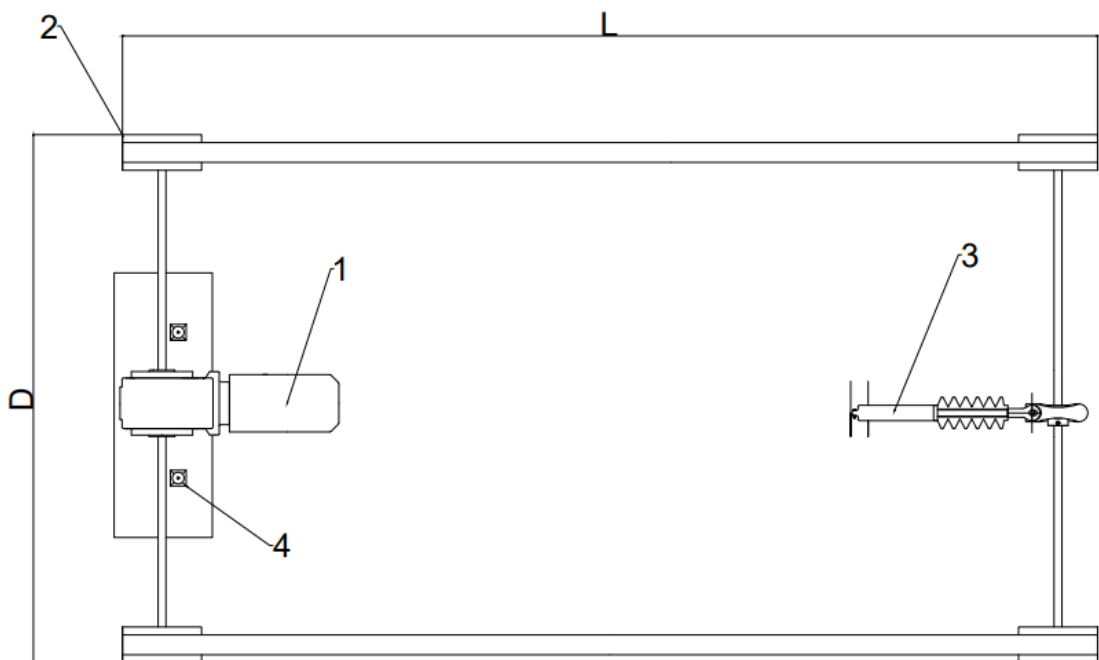


Figure 3 - Track transverse conveyor.

Where 1 is drive conveyor system; 2 is track conveyor; 3 is pneumatic cylinder raising the conveyor; 4 is emphasis to stop the layer.

The required diameter of the roller for the track transverse conveyor is determined:

$$D_{\text{ролика}} = (h_{\text{пт}} - h_{\text{роликов}}) * 2 = (1,611 - 1,5) * 2 = 0,222\text{м.}$$

We take the diameter of the response roller of the track transverse conveyor equal to 0.23 m i.e. 23cm. As a result the height of the raising of the shaft of the track transverse conveyor (the magnitude of the stem extension of the pneumatic cylinder) is determined by the formula:

$$H_{\text{вылета}} = \frac{D_{\text{ролика}}}{2} + \frac{D_{\text{р.тр.}}}{2} - \Delta = 0,115 + 0,025 - 0,04 = 0,1\text{м.}$$

Where $\Delta = 0.04$ is the gap between the drive shaft of the track conveyor and the shafts of the previous roller conveyor.

The drawing of the K93 vacuum manipulator was developed. General-purpose drawings were developed. The methods for moving along the axes were selected (in the horizontal direction along the rails, in the vertical direction with the help of a belt and guides). The method of creating a vacuum was selected (by a vacuum pump).

The manipulator for moving the packaging layer is a complex structure consisting of several systems:

- system for moving the manipulator in a horizontal plane;
- vertical movement system;
- vacuum system.

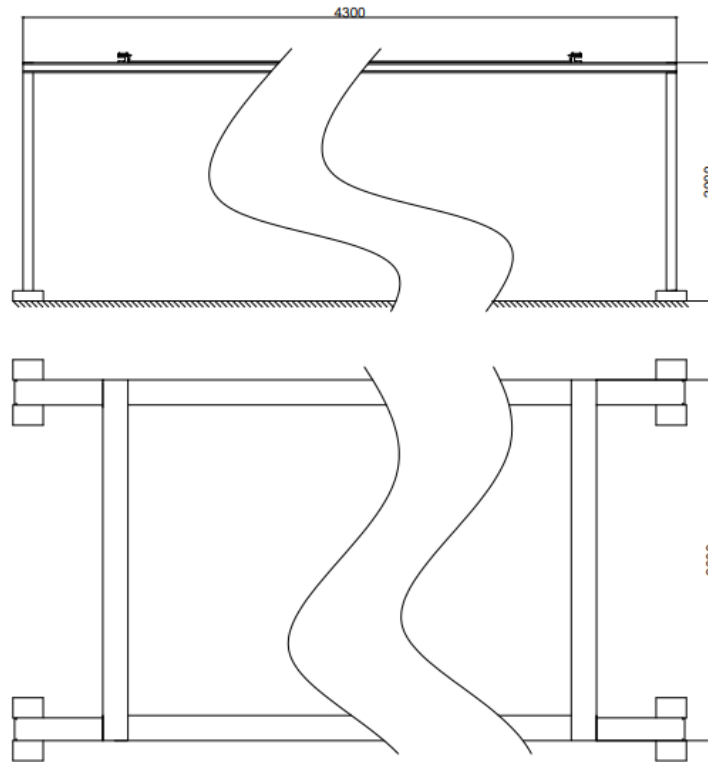


Figure 4 - General view of the supporting structure.

The frame of the manipulator is the basis on which the positioning system, vacuum system, movement drives and control cabinet will be located. The width of the frame will be equal to the width of the supporting structure as the frame moves along the rails of the supporting structure located on the I-beam. Thus, we take the width of the frame equal to 2000mm. The length of the supporting frame is determined by the width of the layer of packages and should be longer than it, but less than the length of the table forming the layer. Since the width of the layer is 0.8 m and the length of the table forming the layer is 2.8 m, we take the frame length to be 2000 mm. Large length is justified by the necessary to arrange sufficiently massive systems on the frame. The frame is made of a metal square profile 30x30mm with a wall thickness of 5mm. A general view of the developed frame is shown in Figure 5.

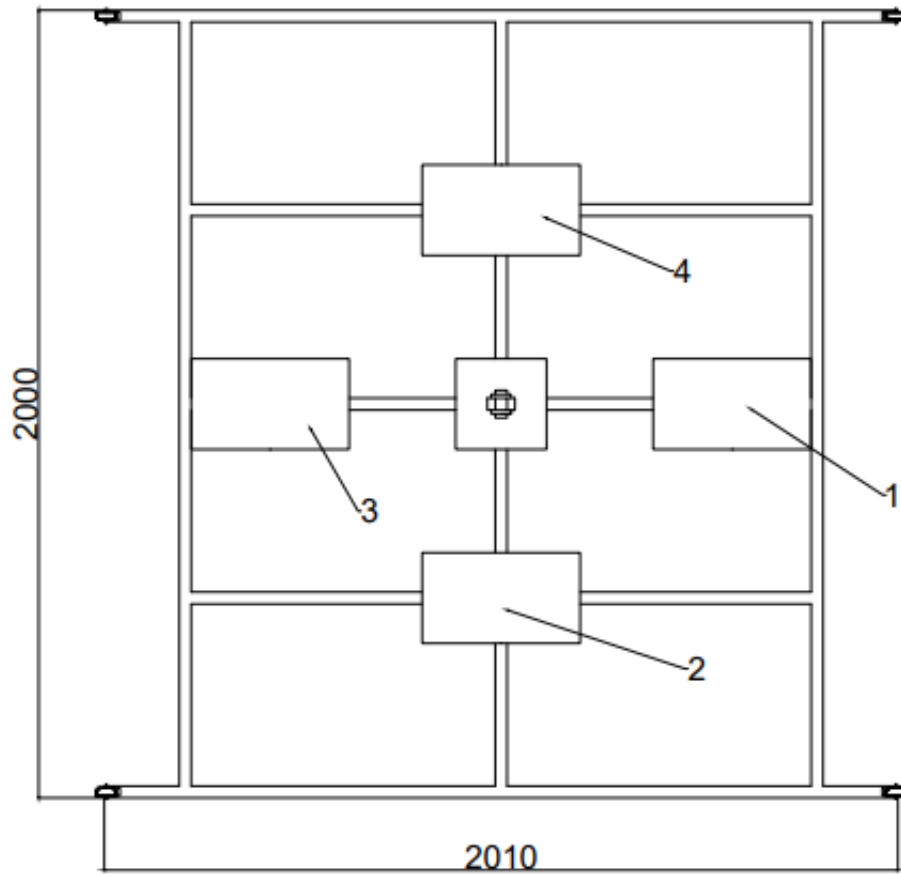


Figure 5 - Above view of the frame.

Where 1 is the platform for positioning the drive frame, 2 is the location of the vacuum system, 3 is the location of the drive for positioning the suction cups, 4 is the location of the control cabinet.

For the location of vacuum suction cups, we choose a metal collector of a rectangular-shaped beam with a size of 10x10 mm and a wall thickness of 1 mm. It will have plug on both sides. Two suction cups will be attached to one collector. One collector will be responsible for transporting one package of laminate. The length of the collector is determined by the length of the package and should not exceed 1382 mm. We choose the length of the collector 1000 mm. The distance of the edges of the collector is 500 mm to the center. So we need 4 vacuum collectors to transport the layer. On each collector there are two suction cups. The location of the collectors above the packaging layer is shown in Figure 6.

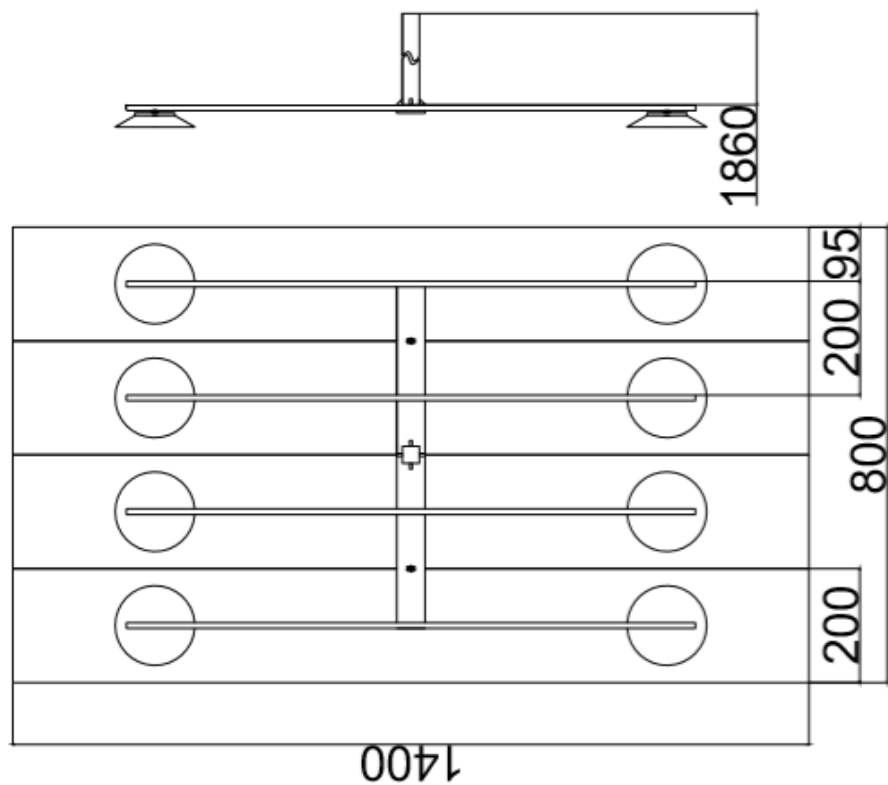


Figure 6 - The location of the collectors above the packaging layer.

The drawing of the K94 roller conveyor was developed. The main parameters, the number of rollers, the distance and width were calculated.

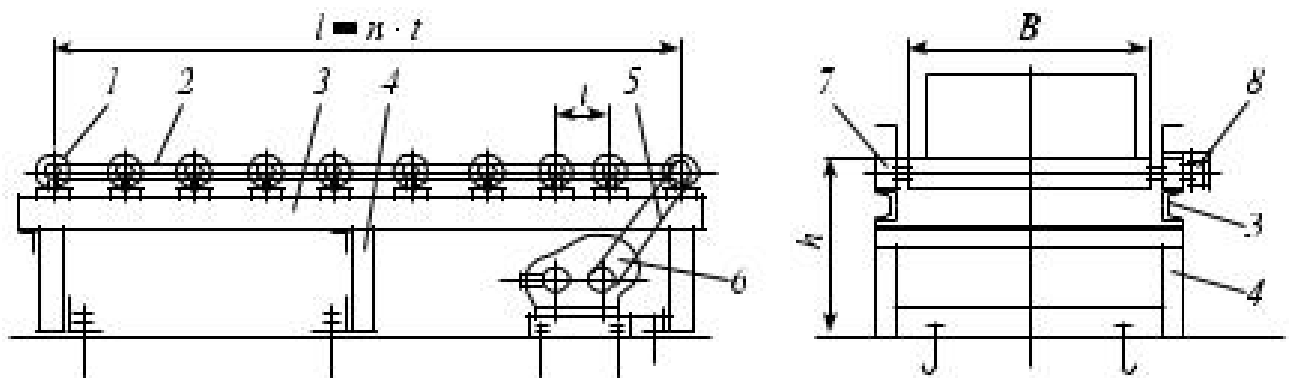


Figure 7 - Roller conveyor with a chain drive.

Where 1 is drive rollers; 2 is chain gears between the rollers; 3 is longitudinal beams; 4 is metal racks; 5 is chain transmission from the drive to the first roller; 6 is drive unit; 7 is bearings; 8 is a double asterisk.

Conveyor length is:

$$l_{\text{транс1}} = 2l_{\text{пачки}} = 2 * 1,4 = 2,8 \text{ м.}$$

The distance between the extreme points of adjacent shafts is:

$$l_{\text{промеж}} = l_{\text{диам}} - 2 \frac{d_{\text{вала}}}{2} = 0,1 \text{ м.}$$

The total number of conveyor shafts is:

$$n = \frac{l_{\text{транс1}}}{l_{\text{диам}}} = \frac{2,8}{0,1} = 28$$

6. Development of the algorithm for the line

The packaging conveyor is triggered by the sensor at the outlet of the packaging from the thermal tunnel. The sensor is located between the thermal tunnel and the packaging conveyor. Another condition for starting is that the drive of the thermal tunnel is started. The package is transported to the end of the conveyor. A signal that the package has been positioned comes from the optical sensor at the end of the conveyor.

Then, one edge of the table of forming the layer of packages is lifted. The drive of the track conveyor is started and the package changes the direction of movement. The drive is switched off only after the layer is fully assembled. The lowering of the edge of the table will be started by the signal about the presence of packaging. The signal of lower position of the layer formation table will be a necessary condition for starting the conveyor of the packages.

After the layer of packages is formed, the vacuum system of the manipulator is lowered. Lowering is going on until the signal on reaching the required position will be. Upon reaching the position, a vacuum drive is triggered to create a vacuum. When vacuum is set to the required value the vacuum system rises. After rising of the vacuum system to the upper position, the manipulator moves in a horizontal plane to the position of the pallet formation. After that, the vacuum system is lowered

to the required position and the vacuum drive is switched off. Then the manipulator returns to its home position and stands up waiting for the next layer.

The pallet stack conveyor is launched when the stack formation is completed. It occurs by counting the number of layers of packages. The pallet stack is stopped and positioned using the optical sensors at the end of the conveyor.

To compile a control program, we need to determine the input and output signals, determine their purpose in the body of the program. Assignment of addresses of input and output signals is carried out according to the addressing used in the current program and existing schemes.

The total number of discrete inputs of the developed system is 34. 6 are distributed on the K93-A100 rack. 28 are distributed on the K90-A100 rack. One discrete input module 6ES7-321-1BL00-0AA0, which are installed in the F03 cabinet, includes 32 channels. The 6ES7-321-1BL00-0AA0 module must be additionally installed in the K90-A100 rack in the K-F03 cabinet. The total number of discrete outputs is 30. 2 discrete signals come to the K93-A100 rack installed in place. 28 signals come to the K-F03 cabinet. We select the DO32xDC24V / 0.5A module, the order number 6ES7-332-1BL00-0AA0 which are installed in the F03 cabinet. It includes 32 channels [9].

Then we create the control program in the FC9100 function. The control program is written in the language of IEC 6-1131 / 3 - Logic Diagram (LD), in accordance with the main body of the program [10]. When the system is carrying out commissioning, it is necessary to call the FC9100 function in block OB1. No additional interrupt blocks are required for the FC9100 function. Also, during commissioning, a complete record of the project in the programmable controller is required [11].

7. Calculation of the vacuum system

The total force acting on the suction cups in a vertical upward movement is calculated by the formula:

$$F = m(g - a) = 15.2 * (9.8 - 0.2) = 145.92 \text{ H}$$

The total force acting on the suction cups during horizontal movement is calculated by the formula:

$$F = m\sqrt{g^2 + a^2} = 15.2\sqrt{9.8^2 + 0.2^2} = 148.99$$

The total force acting on the suction cups in a vertical downward movement is calculated by the formula:

$$F = m(g + a) = 15.2 * (9.8 + 0.2) = 152 \text{ H}$$

Thus, the maximum value of the force acting on the suction cup is achieved when the vacuum system moves down. The chosen safety factor is 1,1. The total force acting on the suction cup is calculated by the formula [12]:

$$F = 1,1F_{\text{расчет}} = 1.1 * 152 = 167.2 \text{ H}$$

The following formula is used to determine the diameter of the suction cup:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 10Ft}{pn}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 10 * 167,2 * 4}{100 * 1000 * 2}} = 42.2 \text{ мм}$$

Let`s take the diameter of the suction cup equal to 70 mm based on standard sizes [12]. For the selected diameter, we calculate the lifting force determined by the formula:

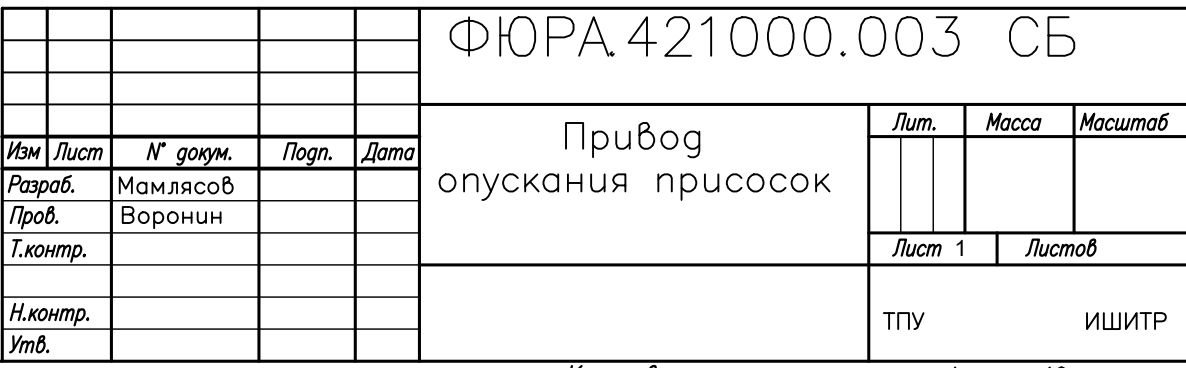
$$F = \frac{pS}{t}$$

$$F = 2 \frac{100 * 10^3 * 3846.5}{4 * 10^6} = 192.325 \text{ H}$$

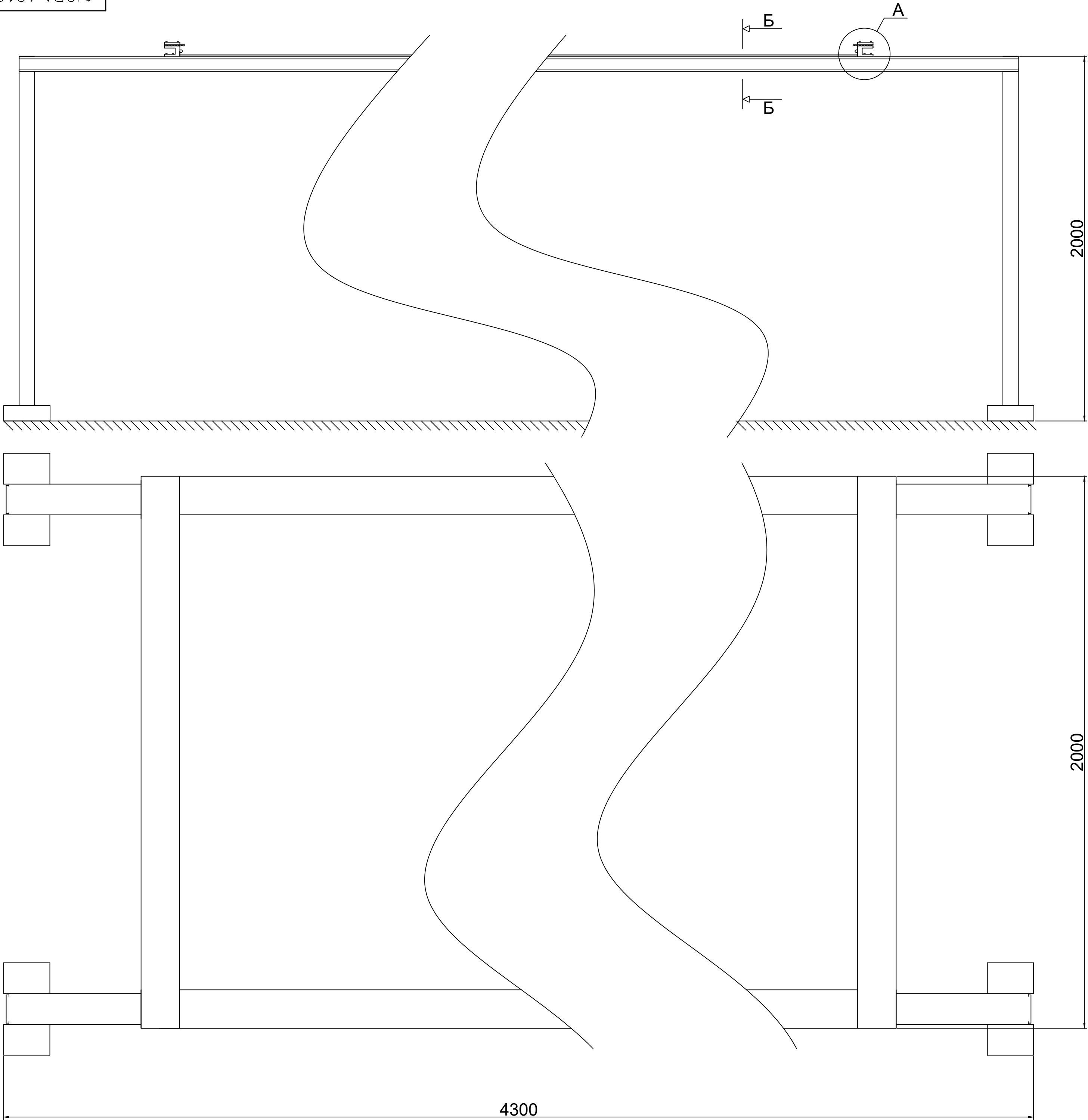
Conclusions: in the course of this work, a system structure was developed, a vacuum system was calculated, a work algorithm was developed, a control program was written, and equipment was selected.

References:

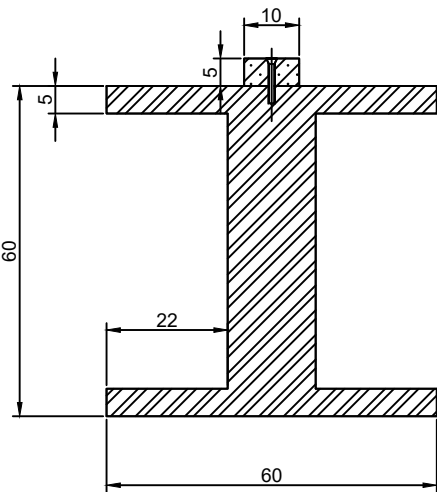
1. С. Н. Рыкунин, Л. Н. Кандалина «Технология деревообработки» Академия, 2011 год, 352 стр., 5-е изд.
2. Расев А.И. Сушка древесины [Текст]: учебник для вузов / А. И. Рысев. — М.: Лань, 2010. — 416 с.
3. Балихин В.В. Технология ремонта машин и оборудования [Текст]: учебник для вузов / В.В. Балихин, В.В. Быков, Н.Ю. Иванов. - СПб.: СПбГЛТА, 2006. - 524 с.
4. RU 2 555 083 C2, 2012.03.12, ХОНКАНЕН Ярмо (FI) МИИККУЛАЙНЕН Кари (FI), «SUSPENDED ROBOTIC SYSTEM AND METHOD FOR ITS WORK».
5. RU 2 570 182 C2, 1977.02.25, АДЕЛЬСОН ЮРИЙ АБРАМОВИЧ, «DEVICE FOR STACKING PLYWOOD SHEETS».
6. RU 2 523 835 C1, 2011.11.18, РУНОНЕН Пекка (FI), «DEVICE FOR ORIENTED FEEDING AND STACKING OF STACKS OF ARTICLES».
7. RU 2 423 222 C1, RU2009139841/02, 29.10.2009, Коруков Алексей Николаевич (RU), «MANIPULATOR».
8. RU 2 372 269 C1 2012.03.12, МИИККУЛАЙНЕН Кари (FI), «DEVICE FOR FORMING PILES AND PACKAGES OF LUMBER».
9. Berger G. Automation through STEP 7 using STL/SCL and programmable controllers SIMATIC S7-300/400. Siemens AG, Nuremberg, 2001.
10. Berger G. Automation through STEP 7 using LAD and programmable controllers SIMATIC S7-300/400. Siemens AG, Nuremberg, 2001.
11. Programming with STEP 7 V5.3. Manual 6ES7810-4CA07-8BW1. Siemens AG, Nuremberg, 2004.
12. Ю851 Расчёт вакуумных систем: учебное пособие/ А.В. Юрьева; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 114 с.



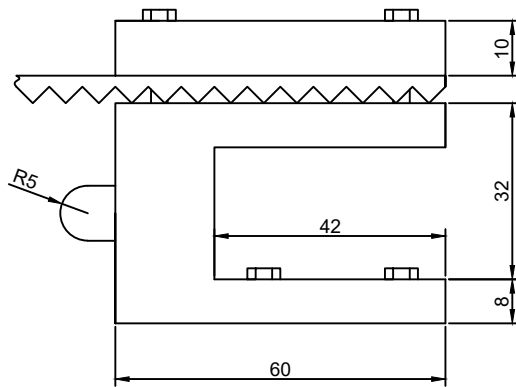
ФЮРА.421000.001 В0



Б-Б:



Вид А(1:1):



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

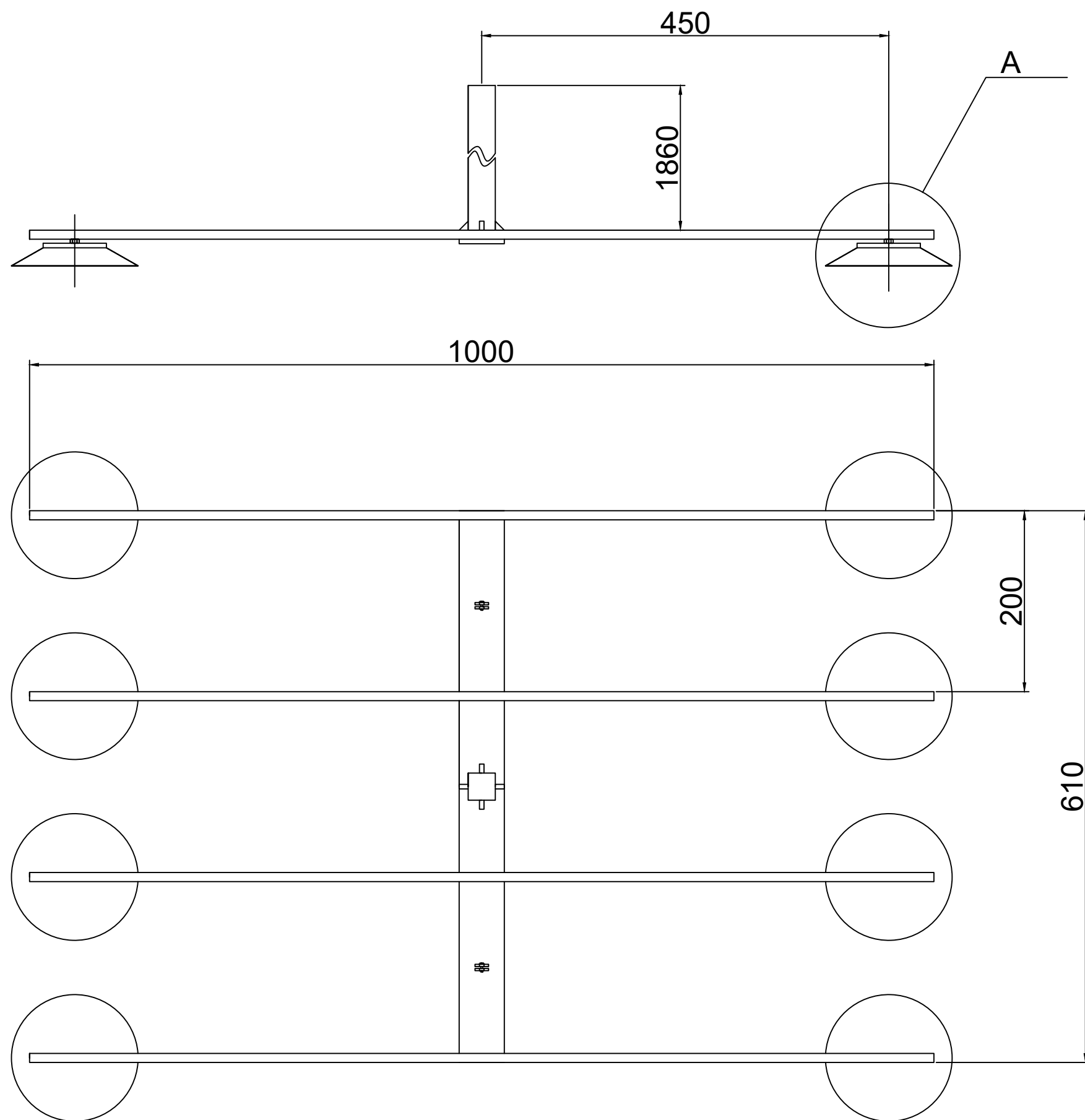
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Проб.	Воронин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

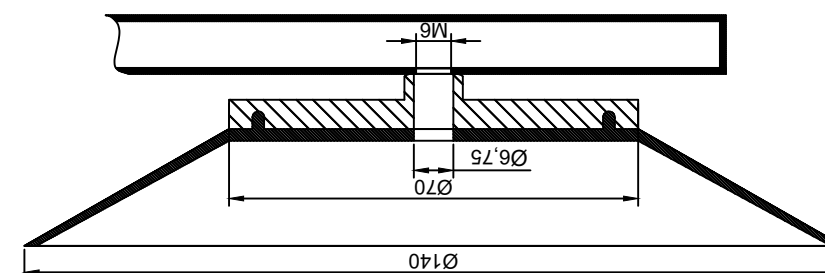
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.421000.001 В0	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Мамлясов				Каркас манипулятора			1:8
Проб.	Воронин					Лист 1	Листов	
Т.контр.						ТПУ	ИШИТР	
Н.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А1



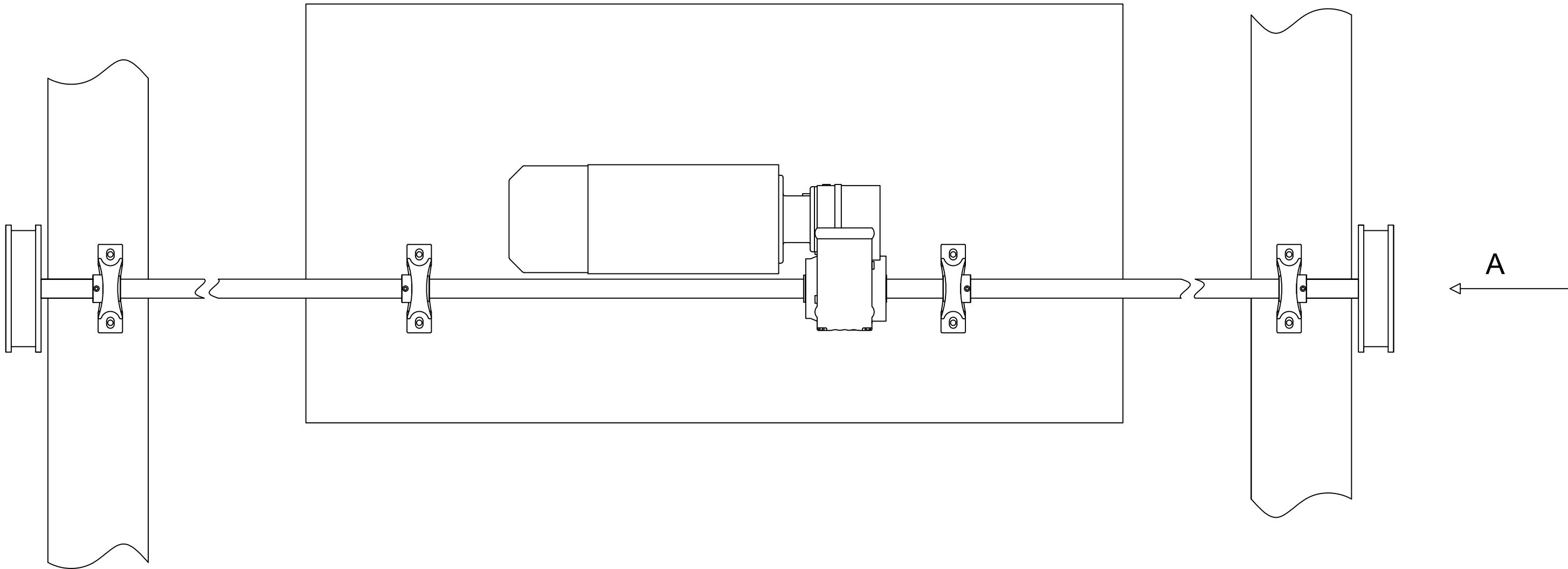
Вид A(1:1):



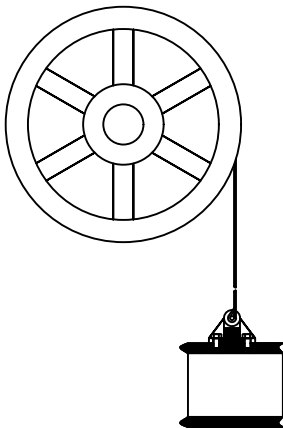
					ФЮРА.421000.002 ВО					
					Система вакуумных присосок		Лит.	Масса	Масштаб	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						1:4
Разраб.		Мамлясов								
Пров.		Воронин								
Т.контр.										
							Лист 1	Листов		
Н.контр.							ТПУ ИШИТР			
Утв.										

Перв. примен.	
Справ. №	

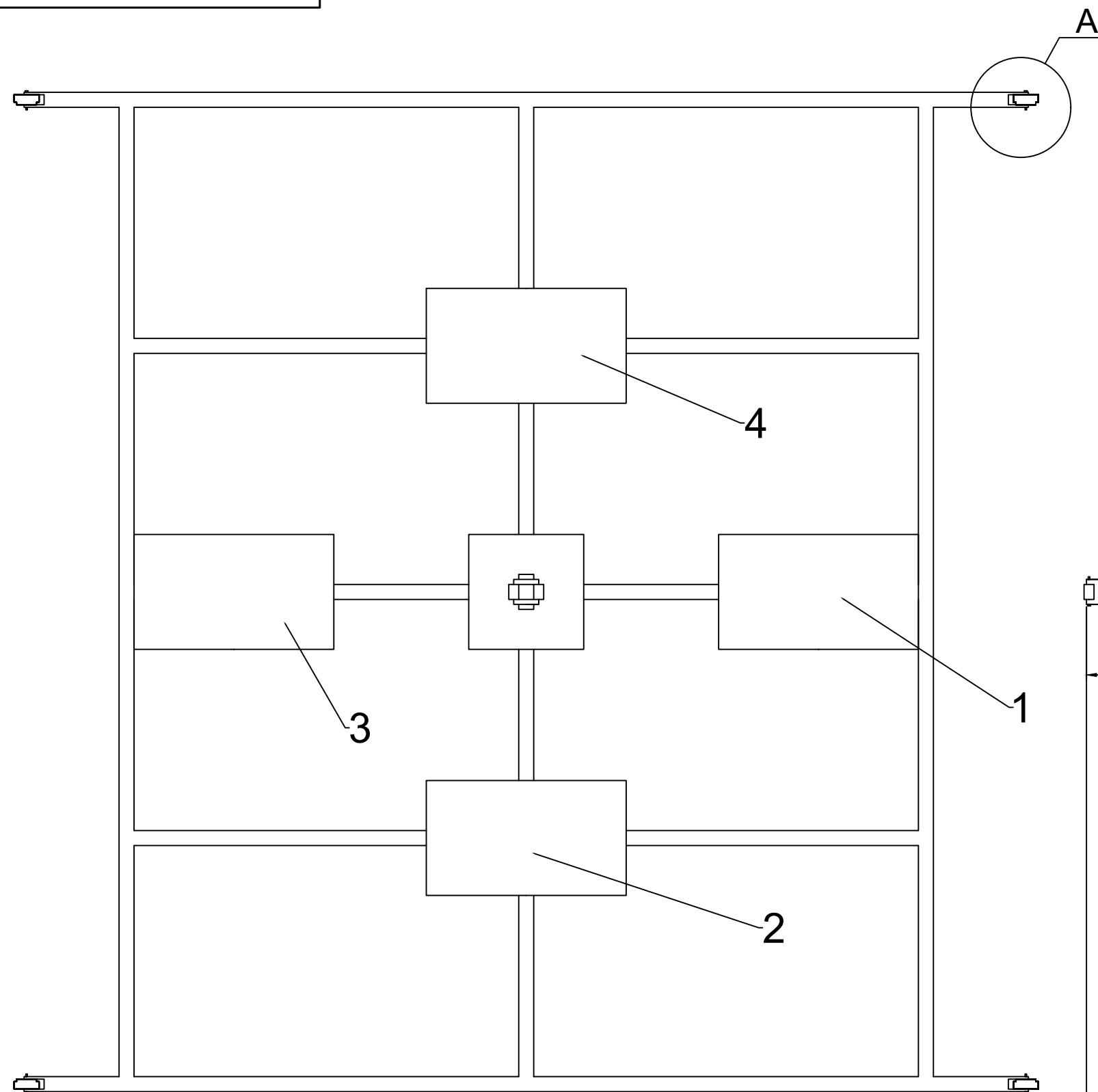
Погр. и дата	Погр. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Инд. № подл.



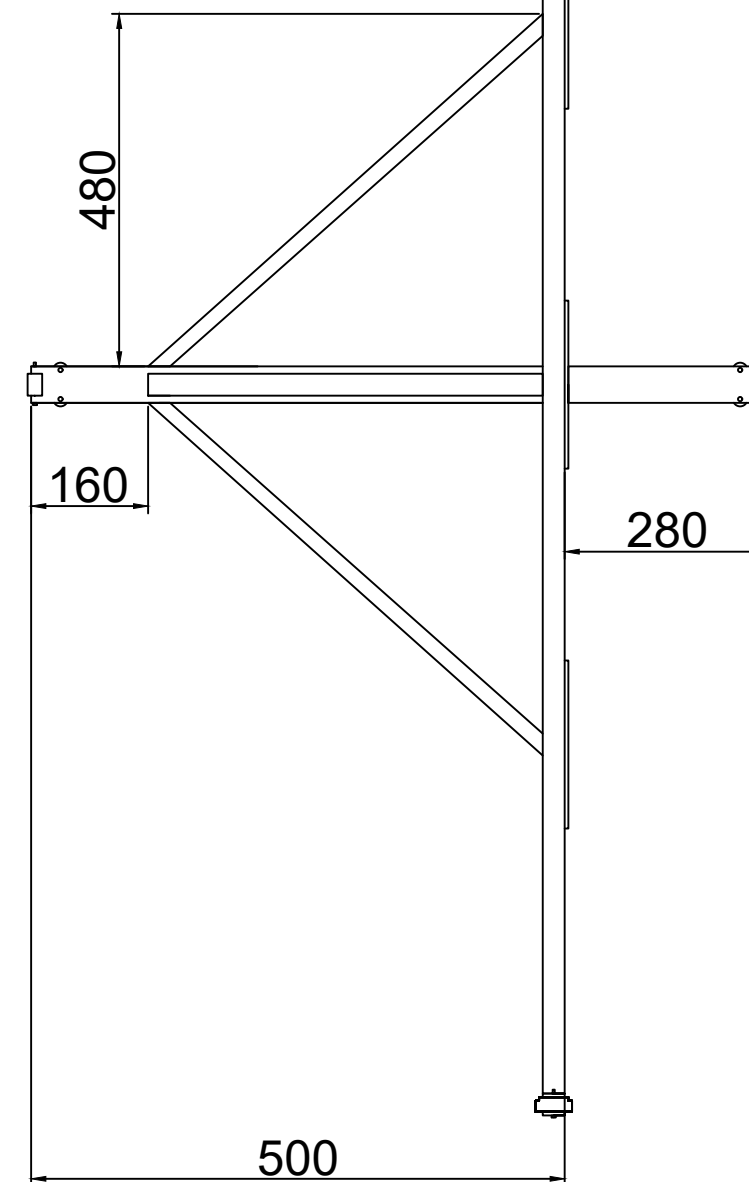
Вид А:



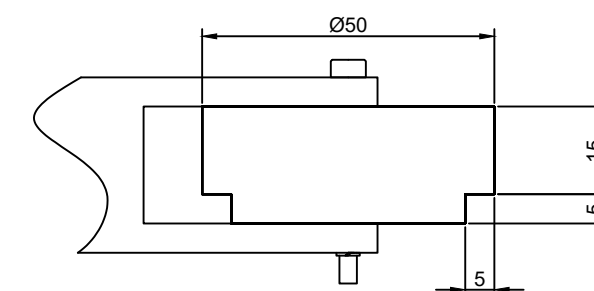
					ФЮРА.421000.003 В0				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Привод опускания присосок	Лит.		Масса	Масштаб
Разраб.	Мамлясов								1:8
Пров.	Воронин								
Т.контр.						Лист		Листов	
Н.контр.							ТПУ ИШИТР		
Утв.									



Позиция	Примечание
1	Площадка привода позиционирования рамы
2	Площадка расположения вакуумной системы
3	Площадка привода вакуумной системы
4	Площадка расположения шкафа управления



Вид $A(1:1)$:

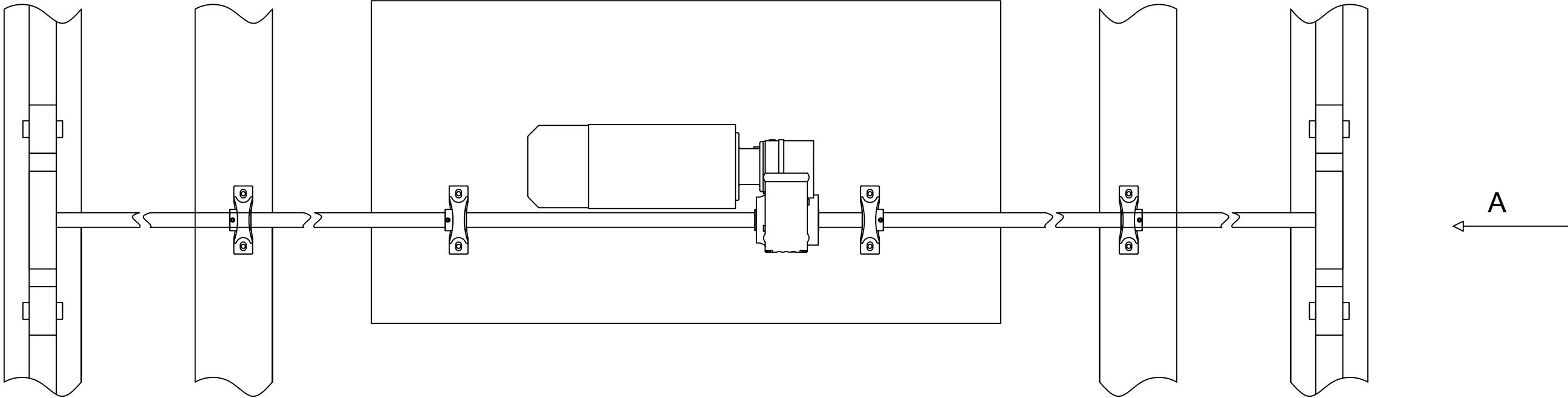


						ФЮРА.421000.004 ВО							
						Рама манипулятора		Лит.	Масса	Масштаб			
										1:8			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Разраб.		Мамлясов											
Пров.		Воронин											
Т.контр.						Лист 1		Листов					
						ТПУ		ИШИТР					
Н.контр.													
Утв.													

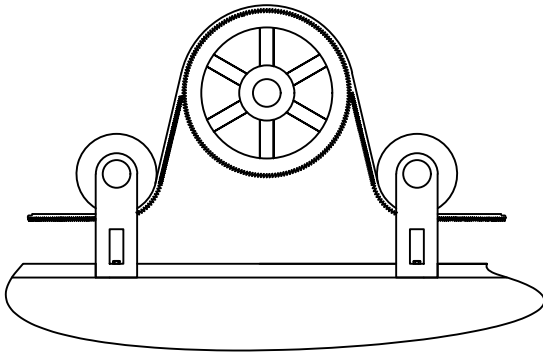
Перв. примен.	
Справ. №	

Инв. № подл.	Лист	Дата	Взам. инв. №	Инв. № арх.	Лист	Дата

ФЮРА.421000.005 В0



Вид А:



					ФЮРА.421000.005 В0				
					Привод передвижения рамы	Лит.		Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:8
Разраб.	Мамлясов								
Пров.	Воронин								
Т.контр.									
						Лист		Листов	
Н.контр.						ТПУ ИШИТР			
Утв.									

Перв. примен.

Справ. ?

Погр. и дата

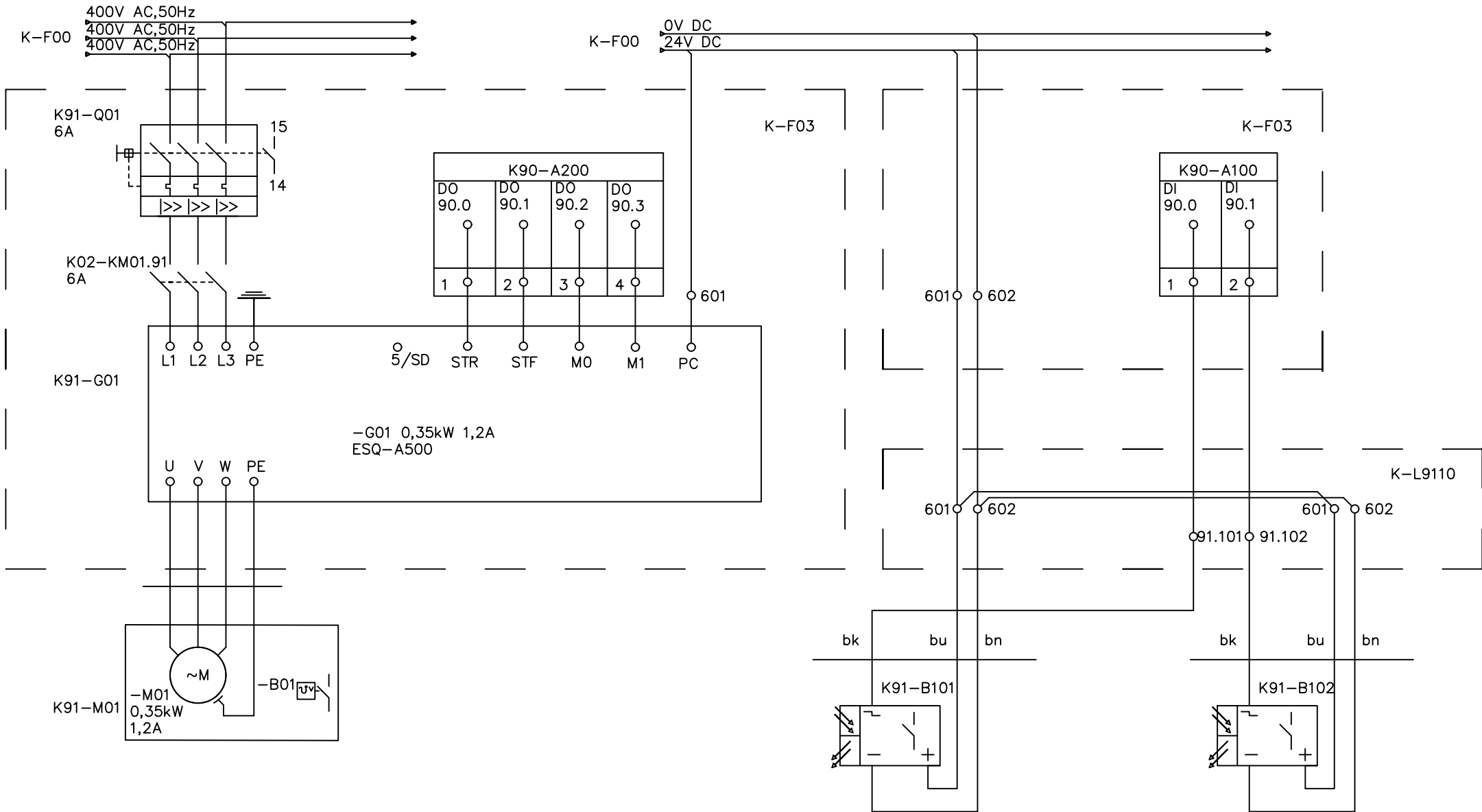
Взам. инв. ?

Инв. ? дубл.

Погр. и дата

Инв. ? подл.

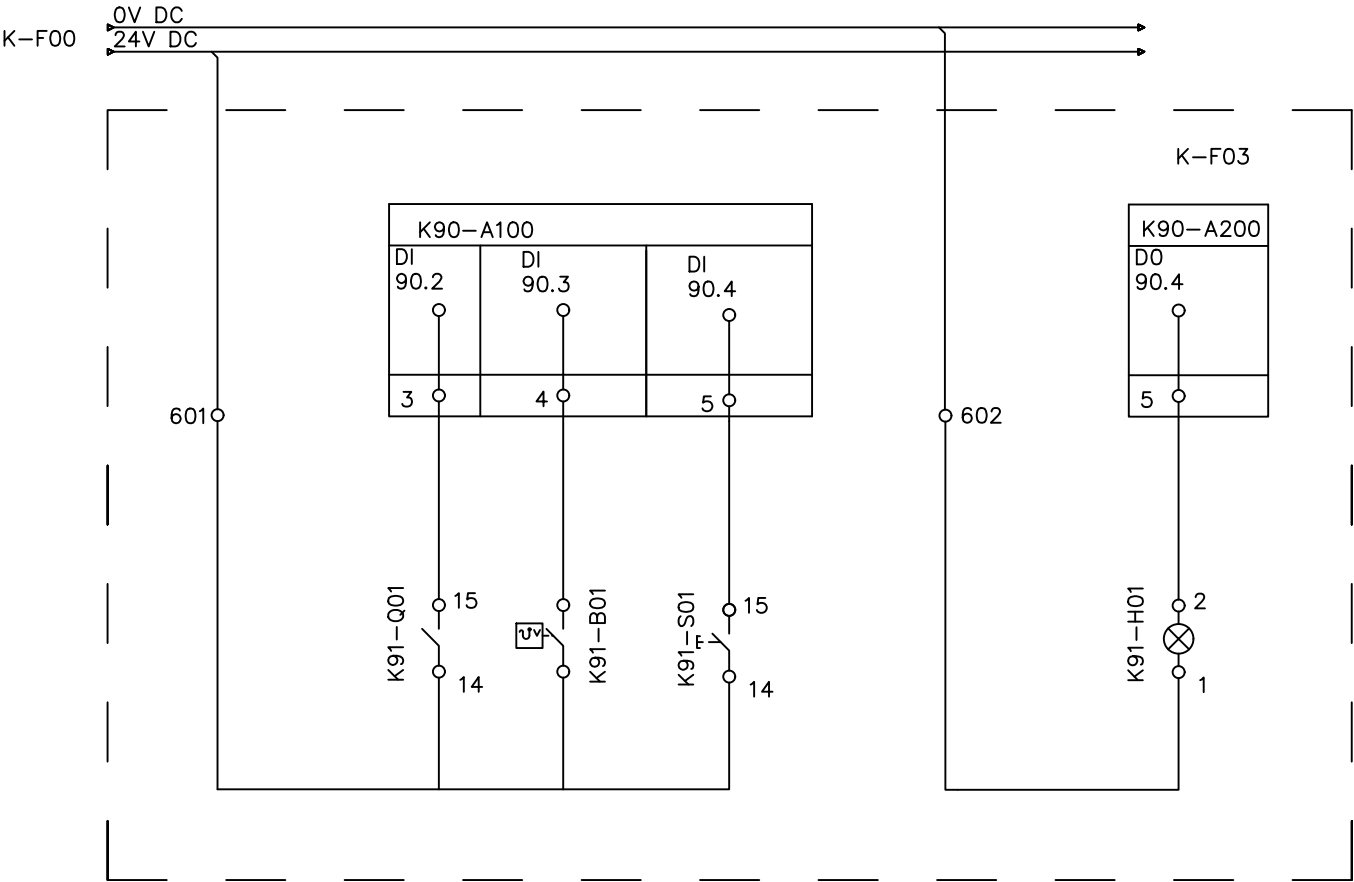
ФЮРА.421000.001 ЭЗ



					ФЮРА.421000.001 ЭЗ				
					Роликовый транспортер К–91	Лист	Масса	Масштаб	
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:1	
Разраб.	Мамлясов								
Пров.	Воронин								
Т. контр.									
						Лист 1	Листов 2		
Н. контр.						ТПУ ИШИТР			
Утв.									

Инв. № подл.	Лист	Дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Лист	Дата	Справ. №	Перв. примен.

ФЮРА.421000.001 ЭЗ



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Мамлясов		
Пров.		Воронин		

ФЮРА.421000.001 ЭЗ

Перв. примен.

Справ. ?

Погр. и дата

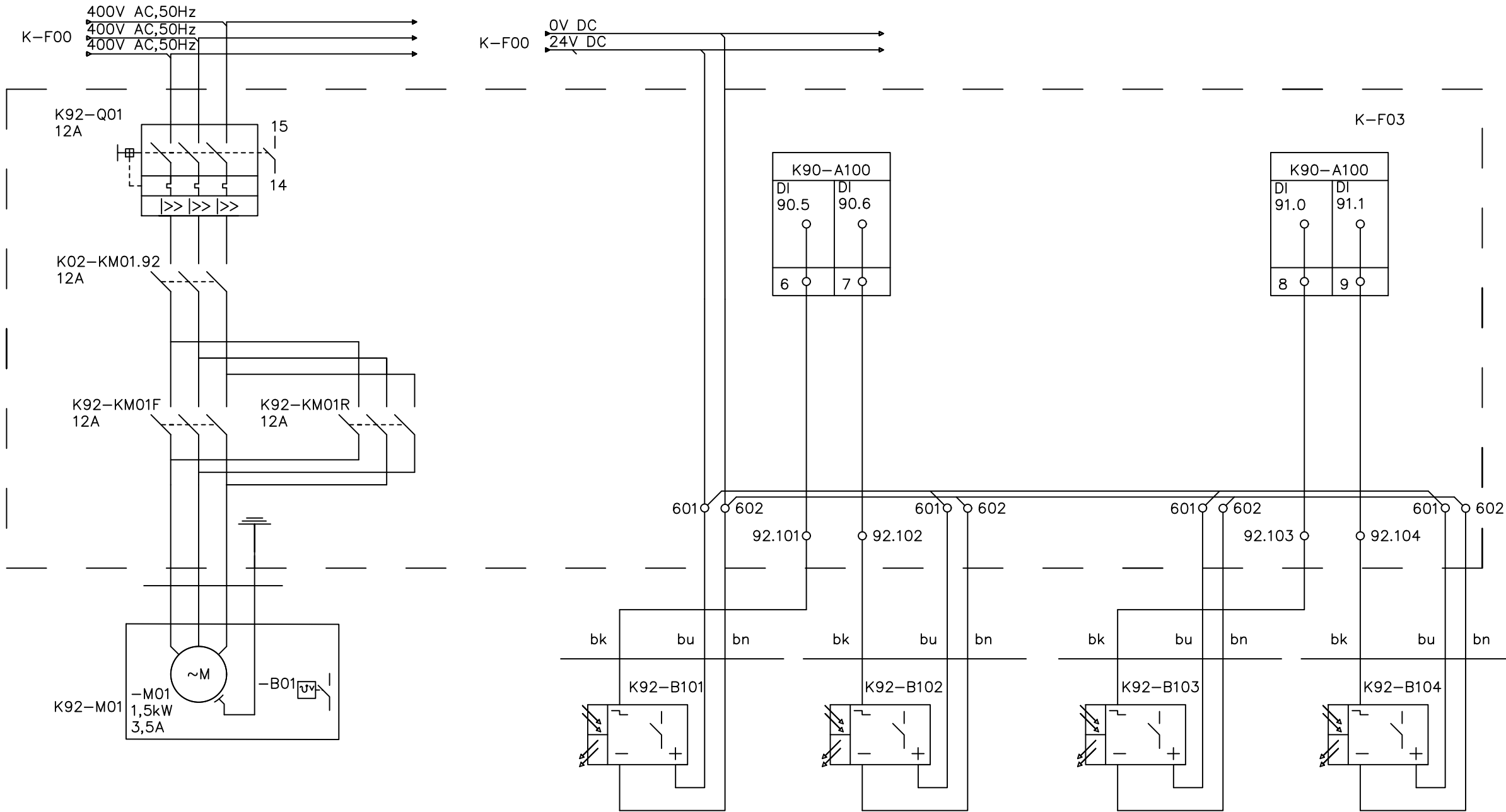
Индв. ? дубл.

Взам. инв. ?

Погр. и дата

Индв. ? подл.

ФЮРА.421000.002 ЭЗ



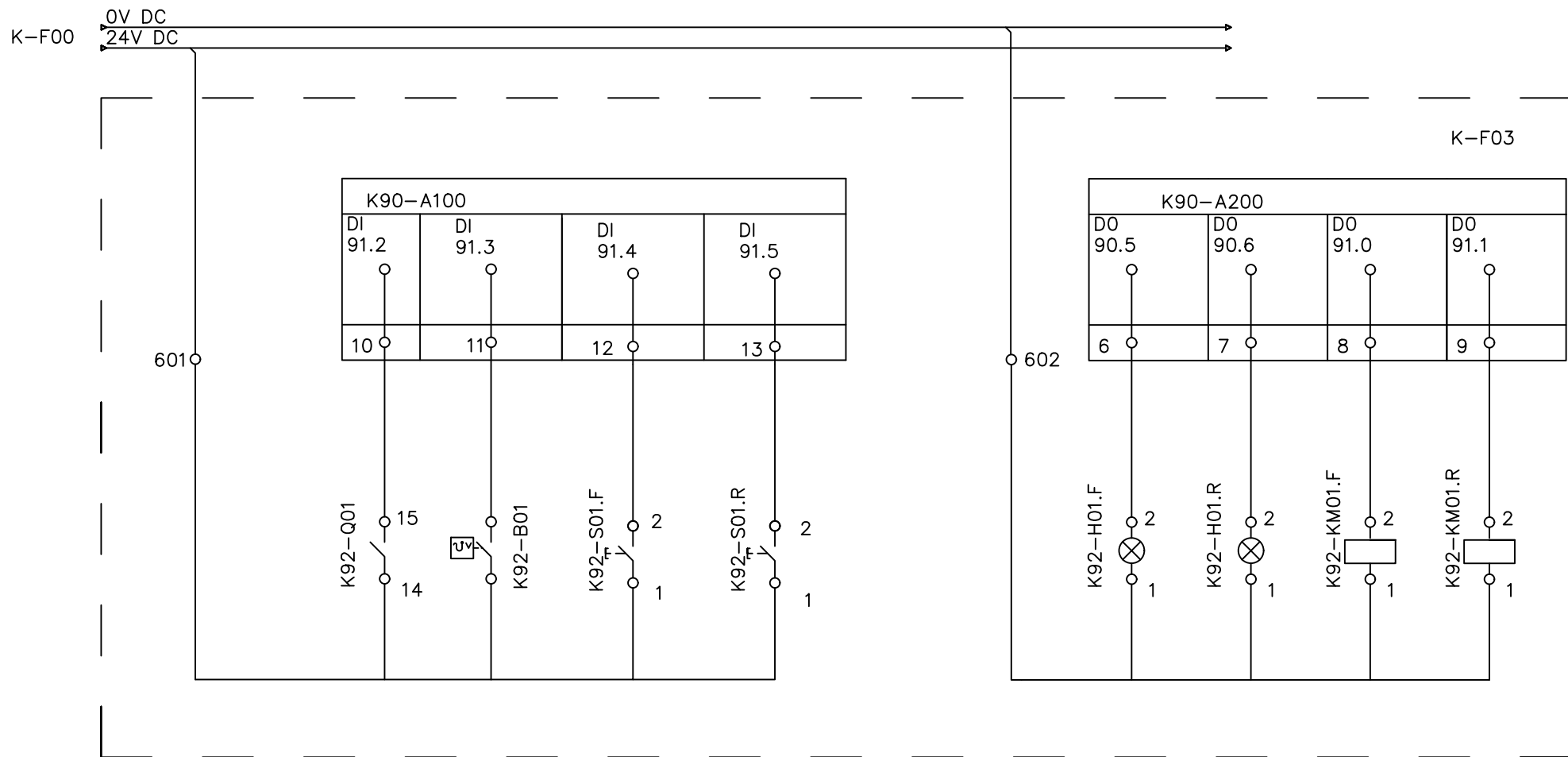
Изм.	Лист	№ докум.	Погр.	Дата
Разраб.		Мамлясов		
Пров.		Воронин		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ФЮРА.421000.002 ЭЗ

Стол формирования
слоя К-92

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листов 2	

ТПУ ИШИТР



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Мамлясов		
Пров.		Воронин		

Перв. примен.

Справ. №

Погр. и дата

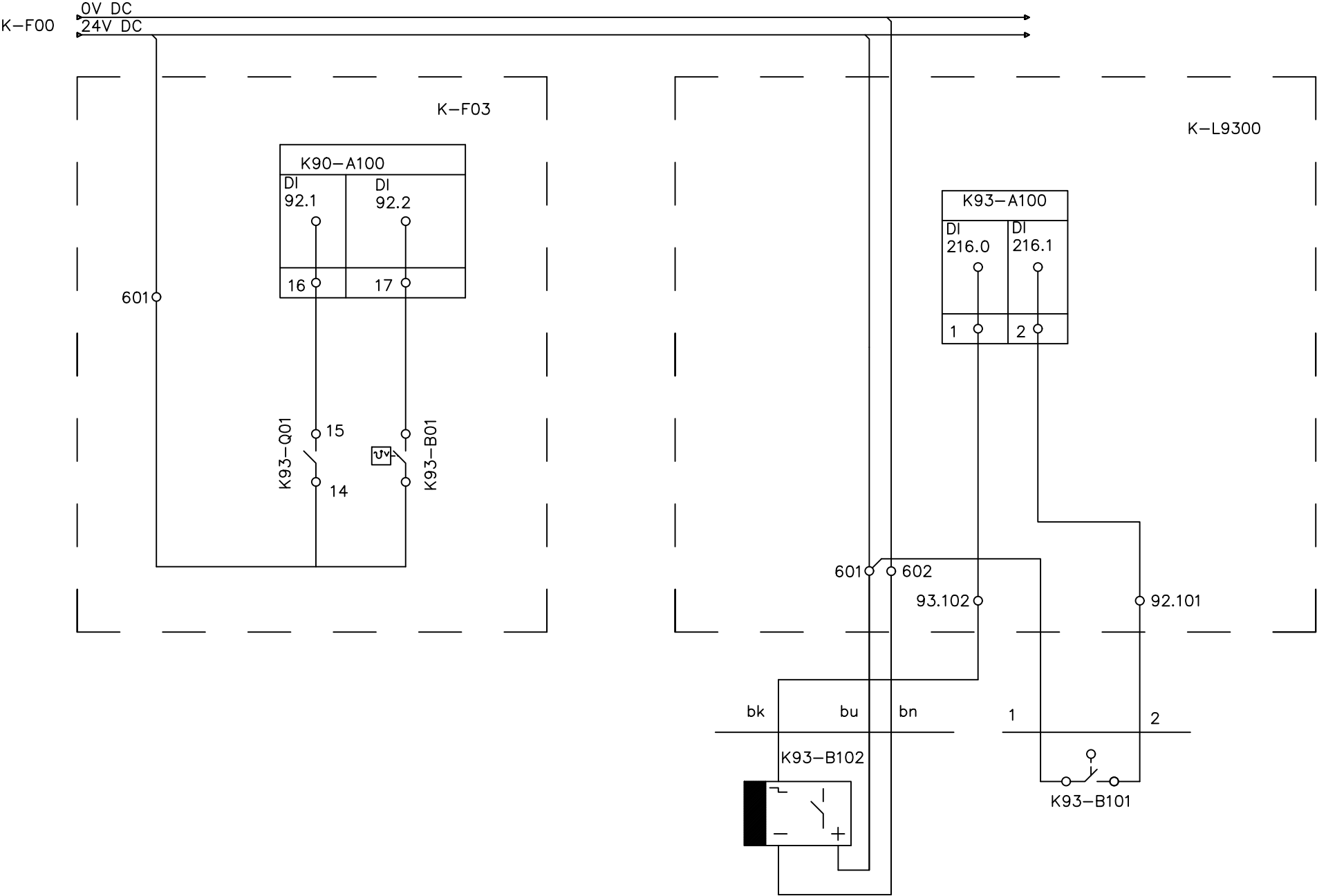
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Погр. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.421000.003 ЭЗ



Изм	Лист	№ докум.	Погр.	Дата
Разраб.		Мамлясов		
Пров.		Воронин		

ФЮРА.421000.003 ЭЗ

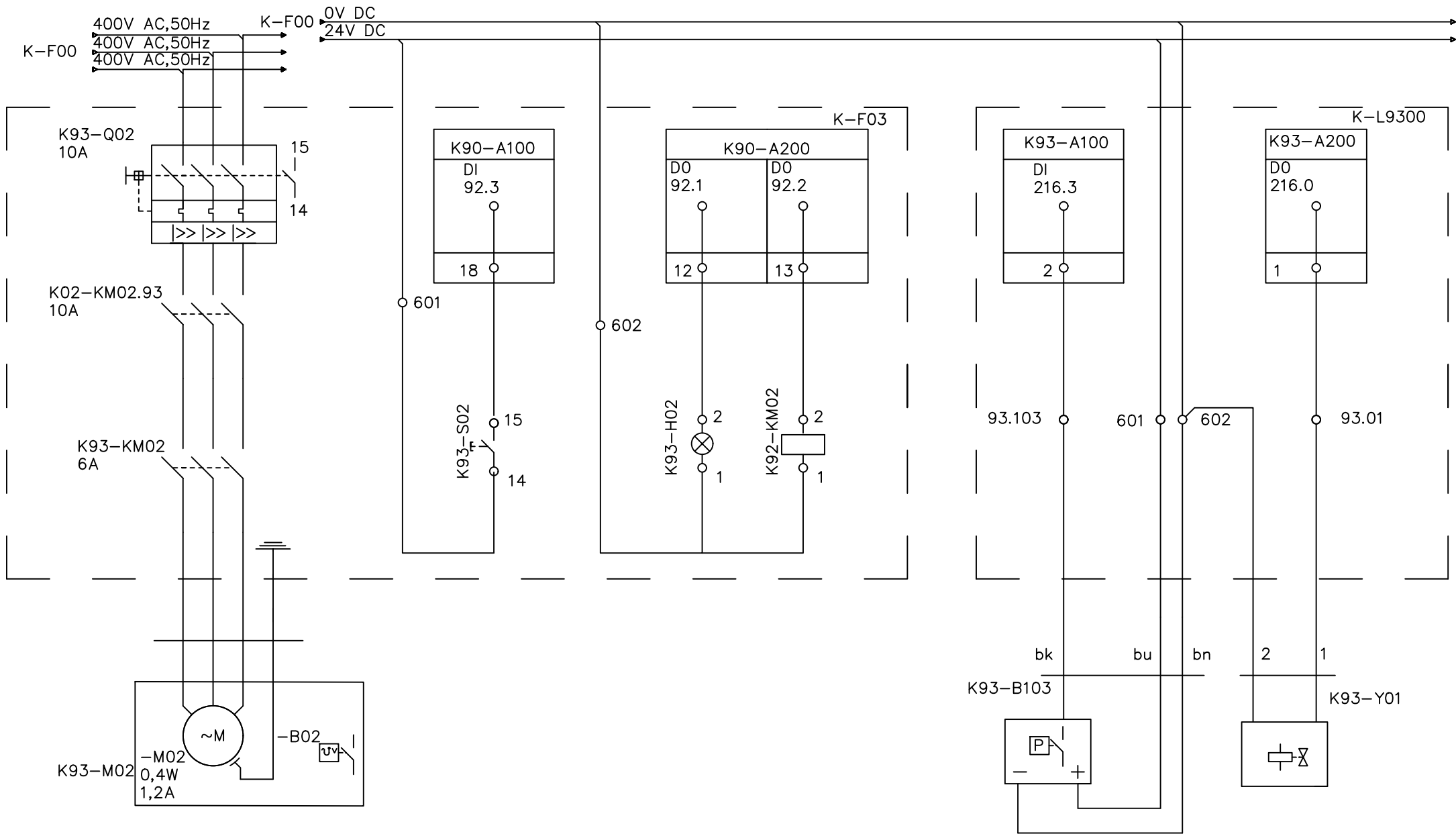
Лист 2 Листов 5

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	
Справ. №	
Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

ФЮРА.421000.003 Э3



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Мамлясов		
Пров.		Воронин		

ФЮРА.421000.003 Э3

Лист 3 Листов 5

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Погр. и дата

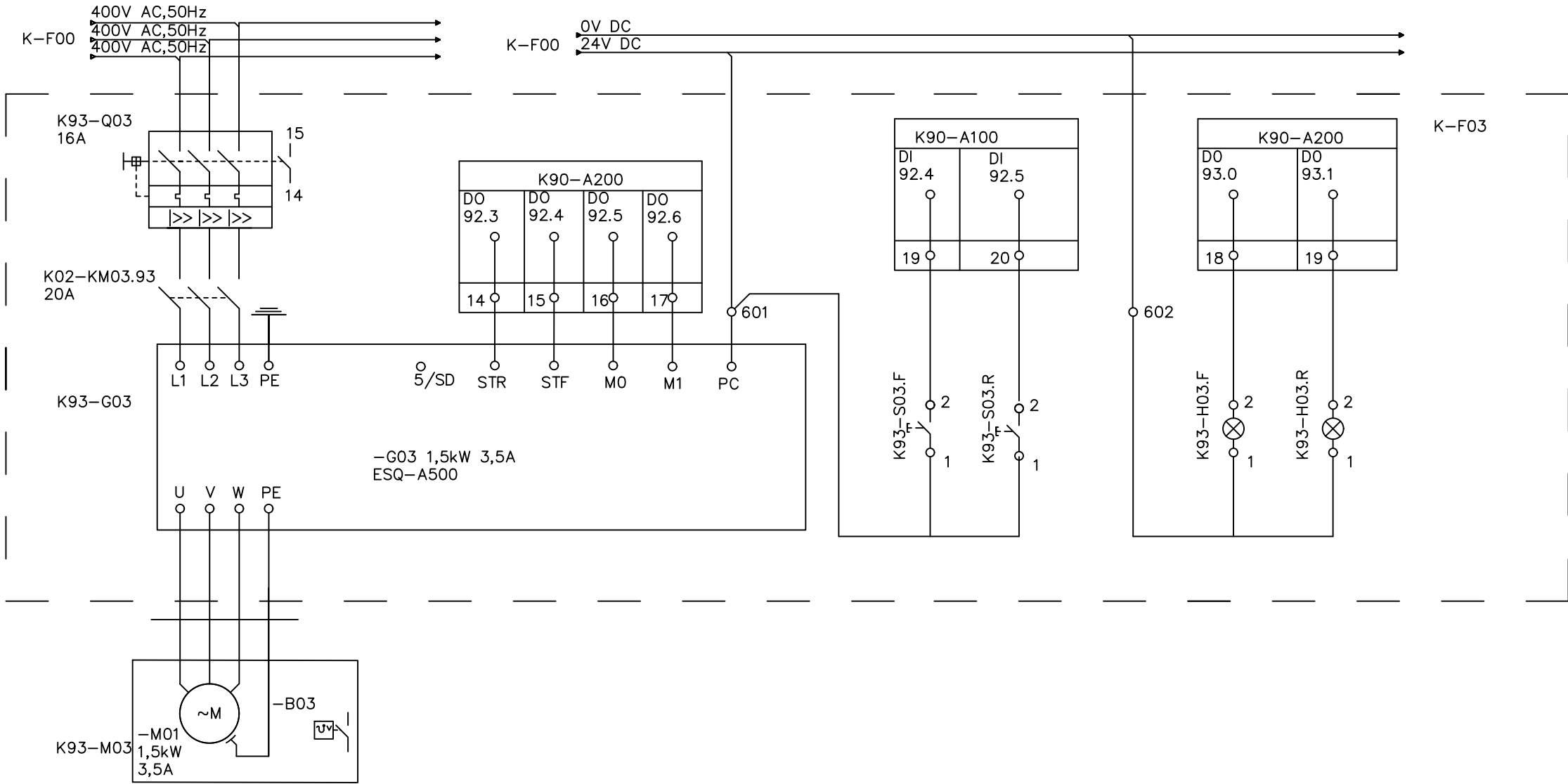
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Погр. и дата

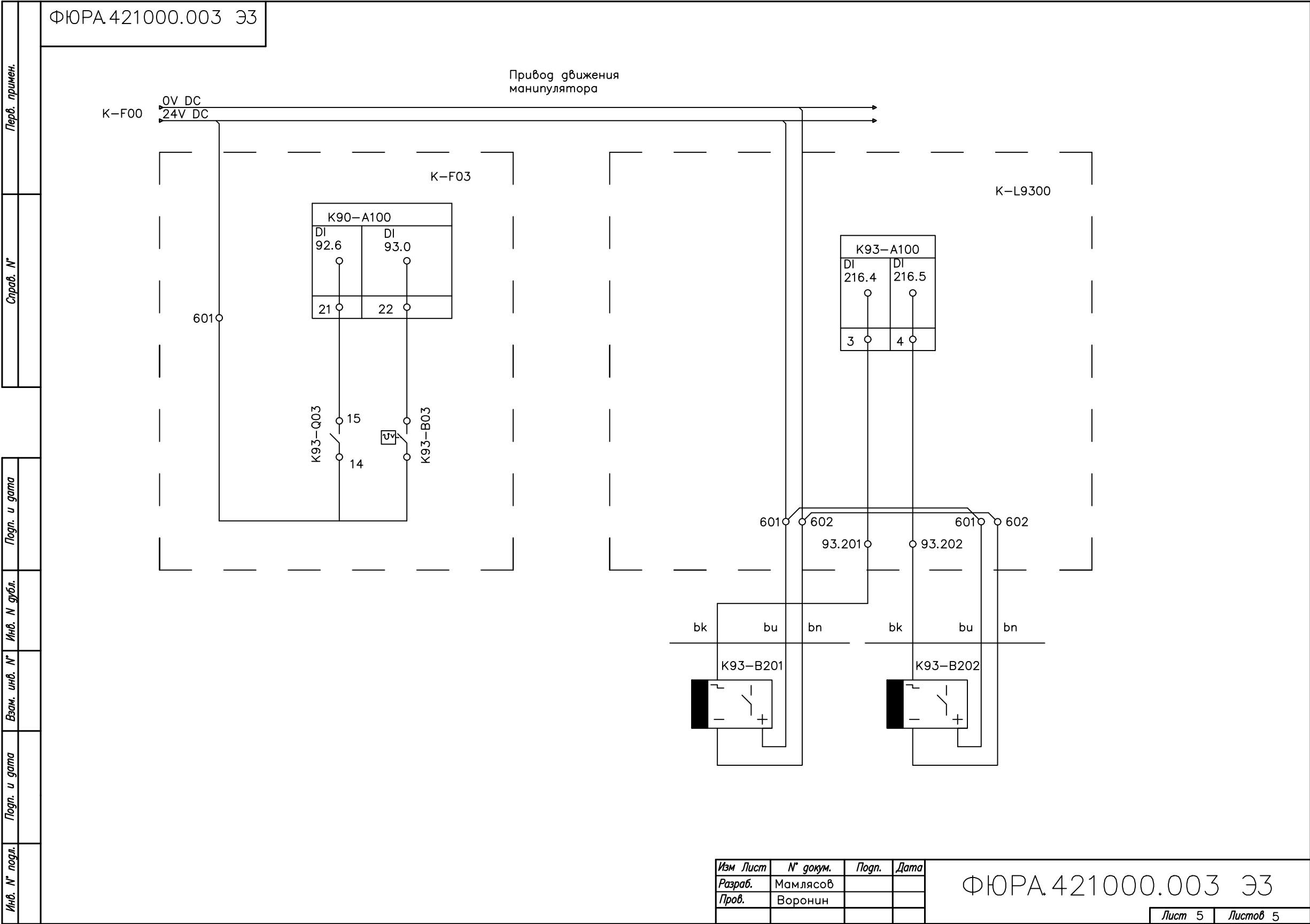
Инв. № подл.

ФЮРА.421000.003 33



Изм	Лист	№ докум.	Погр.	Дата
Разраб.		Мамлясов		
Пров.		Воронин		

ФЮРА.421000.003 33



Перв. примен.

Справ. ?

Погр. и дата

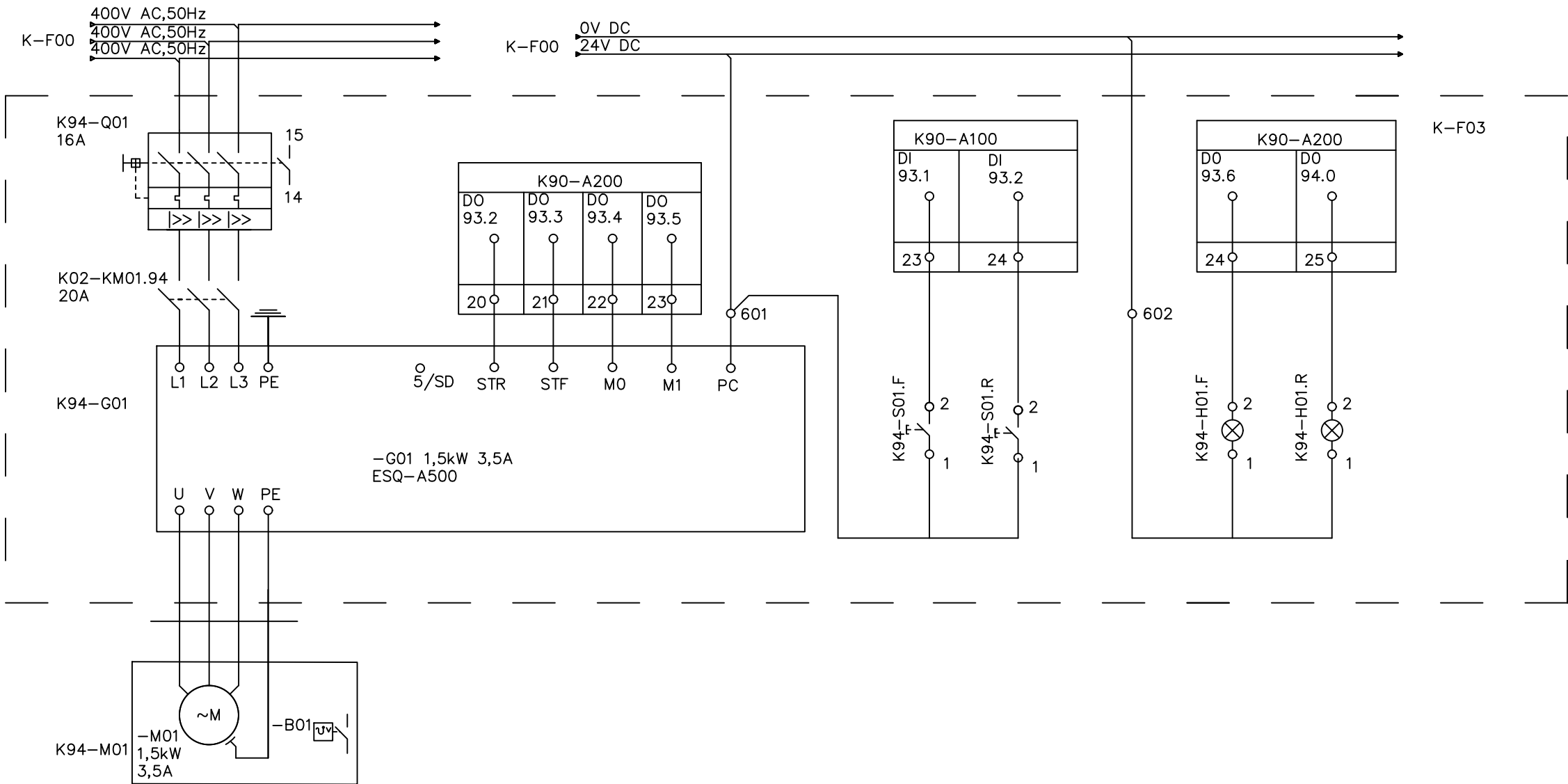
Инв. ? дубл.

Взам. инв. ?

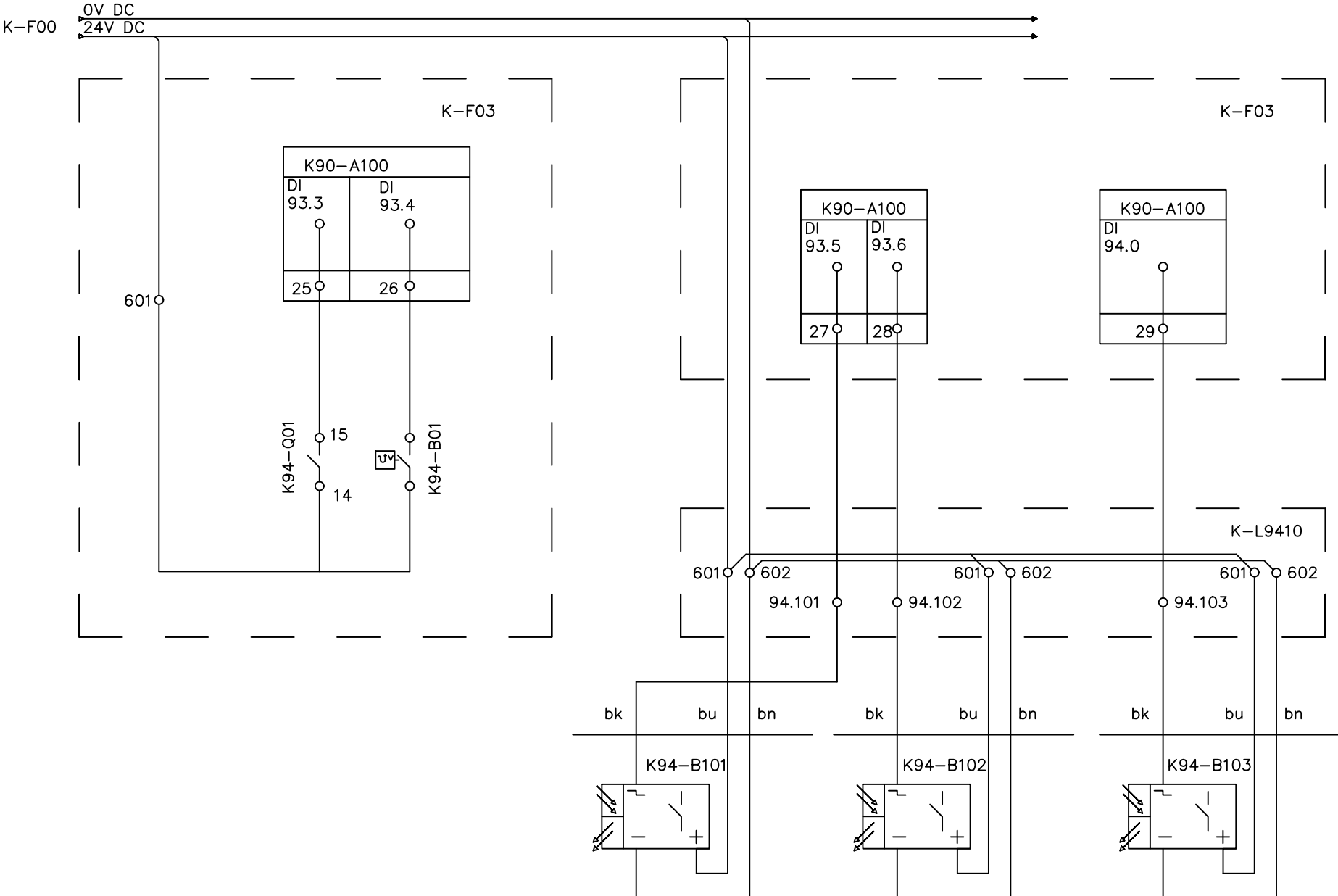
Погр. и дата

Инв. ? подл.

ФЮРА.421000.004 ЭЗ



					ФЮРА.421000.004 ЭЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Погр.	Дата	Роликовый транспортер К-94	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Мамлясов							1:1
Пров.	Воронин							
Т.контр.						Лист 1	Листов 2	
Н.контр.						ТПУ		
Утв.						ИШИТР		



Изм	Лист	№ докум.	Погр.	Дата
Разраб.	Мамлясов			
Пров.	Воронин			